

621.43
Б 52

БЕРШАДСКИЙ Л. Я., инж.

ТЕХНИКА РЕМОНТНО-МОНТАЖНОГО ДЕЛА

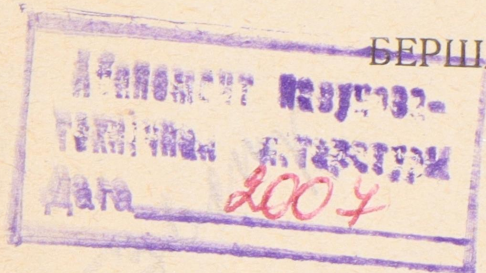
Том II



1961

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

БИБЛИОТЕКА ТЕХНИКА



БЕРШАДСКИЙ Л. Я., инж.

4645.

621.43/083/621.1/6

552
2.

ТЕХНИКА

РЕМОНТНО-МОНТАЖНОГО ДЕЛА

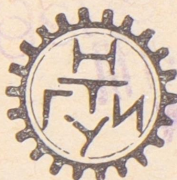
РУКОВОДСТВО ПО УСТАНОВКЕ, СБОРКЕ, УХОДУ
И РЕМОНТУ ЗАВОДСКИХ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

С дополнениями, в обработке и под редакцией
инж. Б. В. КУЗНЕЦОВА

Том II

С 327 ФИГУРАМИ В ТЕКСТЕ



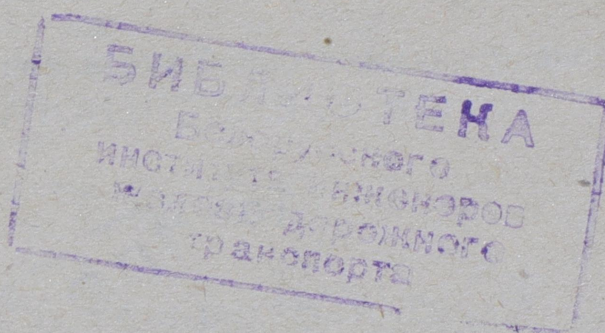
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва

1975

39606

Просьба прислать Ваш отзыв об
этой книге по адресу: Москва,
ГСП 2, Ильинка, проезд им. Влади-
мирова (б. Юшков пер.), 4, Гостех-
издат (отзыв).



Т. Серия 14.

№ XIII — 29.

Главлит № А—62761. Зак. № 807. 1930 г. Тираж 10.100 экз. 16³/₄ п. л.

Предисловие к тому II.

Второй том книги „Техника ремонтно-монтажного дела“ почти целиком обнимает тему о двигателях внутреннего сгорания и паровых турбинах.

В 1908 году, когда была выпущена книга первым изданием, двигатели внутреннего сгорания и паровые турбины только начинали проникать в промышленность, были очень несовершенны и поэтому в широких промышленных кругах к ним относились с известным предубеждением. Совершенно естественно, что Л. Я. Бершадский в то время не мог широко развить соответствующие темы и дал только сжатую характеристику тех конструкций, которые тогда существовали и были ему известны.

За истекшие годы двигатель внутреннего сгорания и паровая турбина настолько конструктивно развились, что занимают теперь доминирующее положение в силовых оборудованьях, и тот литературный материал, который был помещен в них в первом издании книги, никакого практического значения о настоящее время не имеет, как совершенно устаревший, да и по объему слишком недостаточный.

Это обстоятельство заставило полностью заново построить и написать отделы о двигателях внутреннего сгорания и паровых турбинах. Таким образом, том второй в этой части (за исключением нескольких, оставленных мною страниц) принадлежит Б. В. Кузнецову, а главы XVI, XVII, XVIII, XIX, XX и XXI (пересмотренные и частично дополненные мною)—принадлежат перу Л. Я. Бершадского.

В отношении двигателей внутреннего сгорания и, главным образом, паровых турбин, имелись ввиду те конструкции, с которыми фактически приходится работать в наших условиях, а не новейшие машины, которых установлено еще очень мало. Именно поэтому в книге не затронуты безкомпрессорные дизеля и современные турбины.

В дальнейшем эти отделы будут введены.

Б. Кузнецов.

Москва.

Двигатели внутреннего сгорания.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Классификация и общее описание двигателей.

Рабочий процесс.—Двигатели быстрого сгорания.—Двигатели постепенного сгорания (Дизеля).

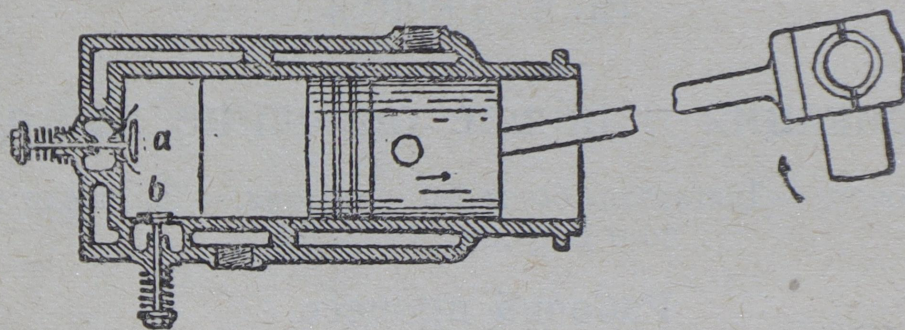
Рабочий процесс.

Все машины с внутренним сгоранием разделяются по способу действия на два основных типа, в одном из коих для получения окончательной полезной работы необходима наличность четырех различных положений соответствующих частей машины, четырех тактов поршня, почему этот тип и носит название двигателей четырехтактного действия; в другом—результаты достигаются всего лишь при двух положениях соответствующих частей, двух тактов поршня, согласно чему эти машины известны под названием двигателей двухтактного действия.

Первоначальная идея машины четырехтактного действия зародилась у французского инженера Бо-де-Роша, а затем машина эта была значительно усовершенствована и применена на практике кельнским заводчиком Н. А. Отто, которым и была запатентована в 1877 году (на второй год после изготовления первой машины подобного типа). Принцип четырехтактного или двухтактного двигателя, работающего с быстрым сгоранием при постоянном объеме, известен под названием цикла Отто, на ряду с именем Бо-де-Роша; двигатель, впервые построенный по этому принципу, является прототипом всех современных двигателей внутреннего сгорания. Машина с двухтактным действием, вошедшая во всеобщее употребление, была изобретена и вполне конструктивно разработана для пользования ею на практике инженером Дюгаль-Клерком, весьма известным автором очень распространенной книги, рассматривающей подробно различные устройства и работу газовых машин.

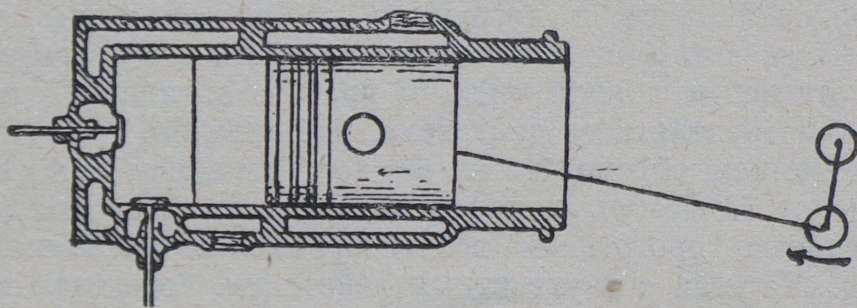
В двигателях, работающих по четырехтактному принципу, т.-е. требующих для совершения полного рабочего цикла в одной полости цилиндра четырех ходов—тактов рабочего поршня,—коренной вал совершает два полных оборота; в двигателях же, работающих по двухтактному принципу и требующих для совершения рабочего цикла двух ходов—тактов рабочего поршня,—коренной вал совершает один оборот.

При первом ходе четырехтактного двигателя, работающего на жидком или газообразном топливе, происходит заполнение рабочего цилиндра через всасывающий (впускной) клапан воздухом или смесью воздуха с горючим газом; в последнем случае эта взрывчатая смесь воздуха и газа носит название заряда. Первый такт обозначается как ход всасывания, во время которого поршень движется от головки цилиндра к кривошипу (от внешней мертвой точки к внутренней, фиг. 693). Через *a* обозначен впускной клапан, через *b* — выпускной.



Фиг. 693.

Второй ход начинается с момента выхода поршня из ближайшей к кривошипу мертвой точки, во время которого происходит сжатие только что засосанного воздуха, или смеси воздуха с газом. Всасывающий клапан по достижении поршнем нижней (внутренней) мертвой точки закрывается, оставаясь закрытым на все дальнейшее время рабочего цикла. Сжатие продолжается до прихода поршня в верхнюю (наружную) мертвую точку, после чего происходит воспламенение. Второй такт называется ходом сжатия (фиг. 694).



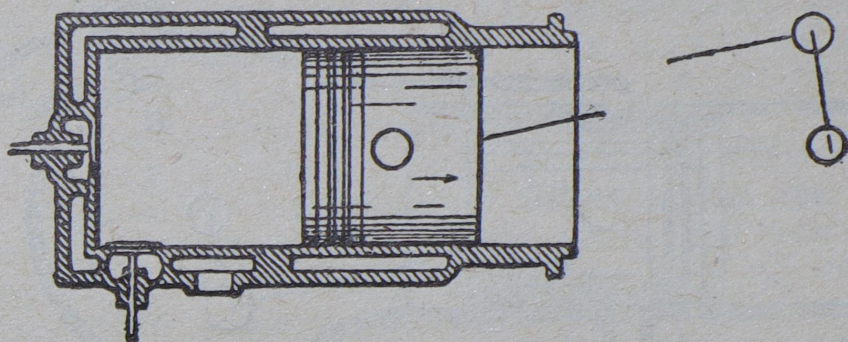
Фиг. 694.

Третий ход начинается с выхода поршня из верхней (наружной) мертвой точки и продолжается до прихода его в нижнюю (внутреннюю). В это время на поршень действует давление расширяющихся газов воспламененной смеси, и он совершает полезную работу, почему третий такт и характеризуется названием рабочего хода (фиг. 695).

Четвертый ход начинается с выхода поршня из нижней (внутренней) мертвой точки, во время которого происходит выталкивание из цилиндра

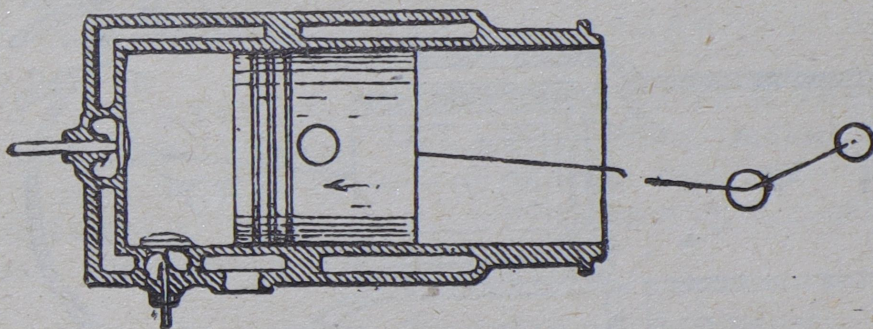
продуктов сгорания через выхлопный клапан, остающийся открытым до конца этого хода (фиг. 696). Четвертый период носит название хода выпуска или выхлопа.

На этом заканчивается рабочий цикл. Затем снова открывается всасывающий клапан, который снова доставляет в цилиндр необходимую порцию горючей смеси или воздуха и весь цикл повторяется в том же порядке.



Фиг. 695.

В двухтактных двигателях первое и последнее положения поршня соединены известным образом с двумя промежуточными, и для таких машин оказывается достаточным двух тактов — ходов поршня для совершения полного рабочего процесса. В то время когда поршень достигает той точки, где он меняет направление своего движения, открывается отверстие канала, проходящего над цилиндром, и продукты горения выталкиваются в атмосферу. Когда отверстие это наполовину прикрыто

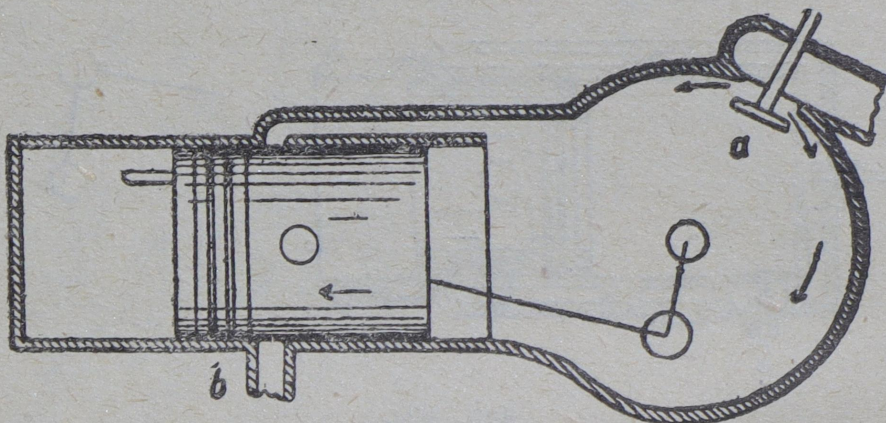


Фиг. 696.

то поршнем открывается другое окно, расположенное по другую сторону цилиндра, или же открывается впускной клапан, через который поступает взрывчатая смесь для следующего взрыва, и этим самым выталкивает оставшиеся еще в цилиндре продукты горения. Затем клапан закрывается, а выпускное окно перекрывается немедленно поршнем, после чего происходит зажигание, горение и расширение подобно тому, как и в машине четырехтактной.

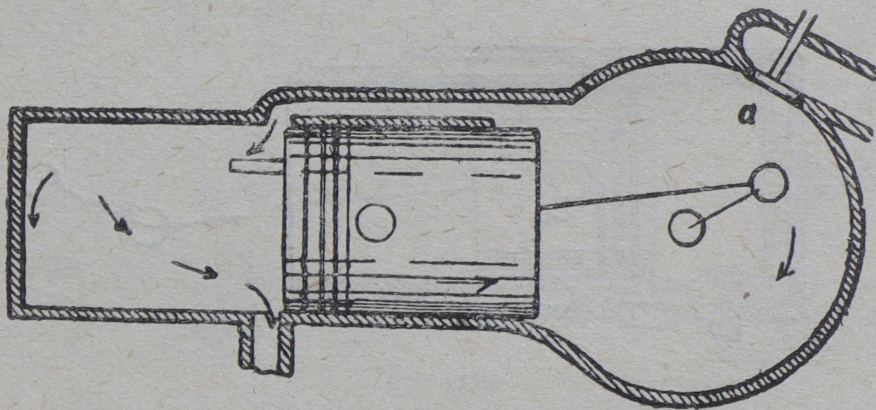
В машинах подобного типа воздух для продувки цилиндра от продуктов горения сжимается особым насосом, монтированным на самом

двигателе и приводимым в действие системой рычажной передачи от кривошипа двигателя, причем в этом случае кривошип и передаточный механизм могут быть заключены или в общую оболочку, или насос монтируется независимо от картера, имея сообщение лишь с рабочей полостью цилиндра; подача воздуха в цилиндр управляется движением самого рабочего поршня.



Фиг. 697.

На фиг. 697 изображена конструкция цилиндра двухтактного двигателя с общей оболочкой в период сжимающего хода. В то время когда в цилиндре сжимается заряд воздушной смеси, клапан *a* открывается и впускает в оболочку достаточное количество воздуха, равное по объему,



Фиг. 698.

образуемому передвигающимся поршнем цилиндра. Через *a* обозначено выпускное окно для удаления отработавших газов.

Фиг. 698 показывает поршень во время обратного хода; клапан *a* закрыт и воздух, содержащийся в оболочке, сжимается под нужным давлением, в зависимости от конструкции и размеров двигателя. Когда поршень стоит в положении, изображенном на фиг. 698, выпускные окна совершенно открыты, и выталкиваемые газы выходят наружу по нап्रा-

влениям, указанным сплошными стрелками. Затем, при обратном ходе поршня, выпускные окна закрываются телом последнего.

Машина рассчитывается таким образом, чтобы при выходе продуктов горения терялась весьма незначительная часть свежего заряда. Когда смесь газов сжата, то действие машины продолжается в прежнем порядке.

Однако, двигатели внутреннего сгорания классифицируются не только по способу выполнения рабочего процесса, но и по ряду других особенностей, а именно:

1. По рабочему процессу, по которому двигатели могут быть: а) с быстрым горением при постоянном объеме (низкого сжатия), и б) с постоянным горением при постоянном давлении (высокого сжатия).

2. По роду топлива, т.-е. двигатели могут строиться для работы на жидком или газообразном топливе. Под двигателями жидкого топлива понимаются машины нефтяной (и перегонной нефти) группы, именно нефтяные, бензиновые, керосиновые и т. п.; под двигателями газообразного топлива понимаются газовые двигатели, работающие светильным, доменным и вырабатываемым газогенераторами газом.

3. По конструкции, когда цилиндры могут быть расположены так или иначе к горизонту, именно: а) вертикально (вертикальные машины); б) горизонтально (горизонтальные машины); в) наклонно (машины с наклонными цилиндрами); г) звездообразно (машины с звездообразными цилиндрами).

Кроме того конструкция определяет двигатели с простым или двойным действием, т.-е. происходит ли работа в одной полости цилиндра или в двух.

4. По числу цилиндров,—одноцилиндровые, двухцилиндровые и т. д.

5. По назначению,—стационарные и передвижные; к первой категории относятся все машины, установленные на постоянном фундаменте (промышленные); ко второй—все передвижные, как-то: судовые, автомобильные, авиационные, мотоциклетные, сельскохозяйственные (локомобили, тракторы) и тепловозные.

Двигатели быстрого сгорания.

А. Газовые двигатели.

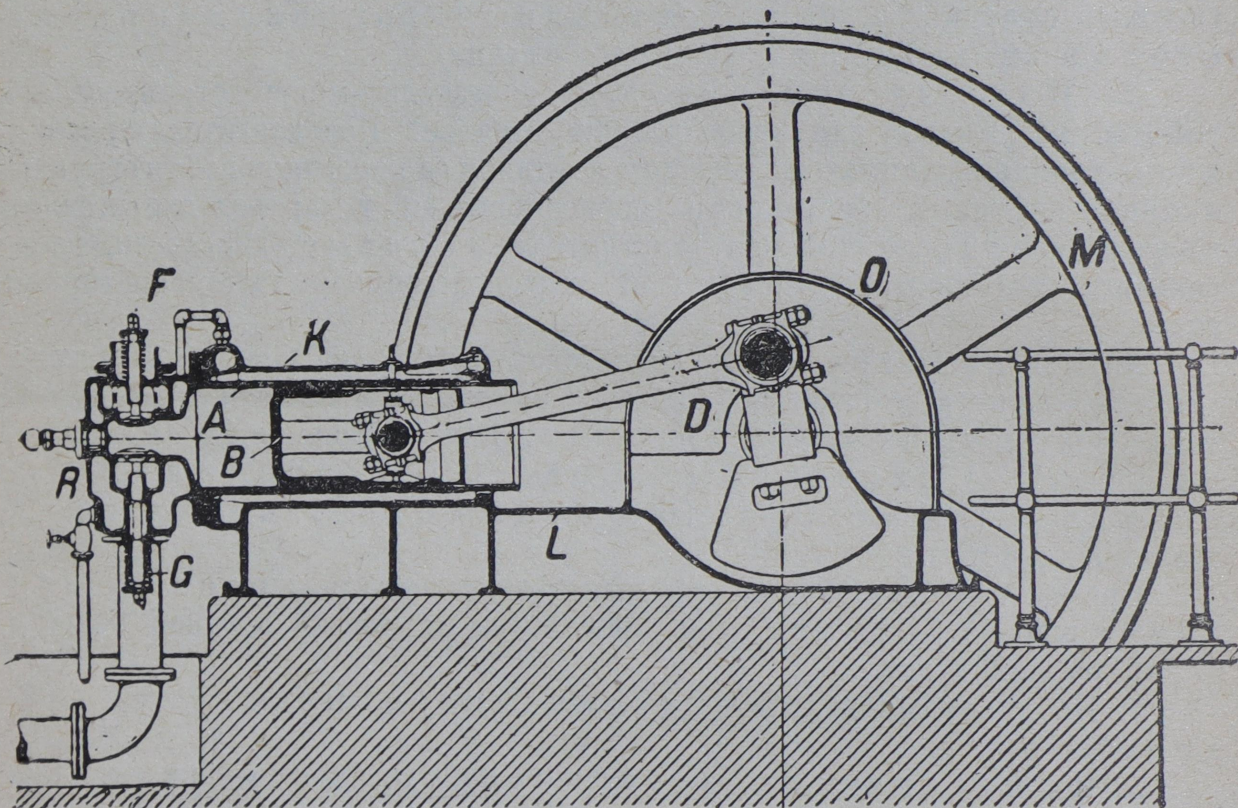
Под общим определением двигателей быстрого сгорания понимаются машины, работающие с быстрым горением при постоянном объеме. Сюда относятся все системы, за исключением двигателей Дизеля.

На фиг. 699 и 700 представлена в продольном разрезе и в плане конструкция газового четырехтактного двигателя.

Здесь цилиндр А (фиг. 699) представляет собой открытую с обоих концов втулку, помещенную (выпрессованную) в наружный цилиндр К, отлитый в одном блоке с машинной рамой, кольцевое пространство

между внешней стенкой внутреннего цилиндра (втулки) и внутренней стенкой внешнего цилиндра носит название охлаждающей рубашки, в которой циркулирует во время работы двигателя охлаждающая вода.

Через *L* обозначена машинная рама, вплотную прилегающая к лицу фундамента, на котором она заливается цементным раствором; кроме того, надежность скрепления достигается еще особыми фундаментными или анкерными болтами, пропускаемыми через специальные колодцы в кладке фундамента сквозь всю толщу вертикального



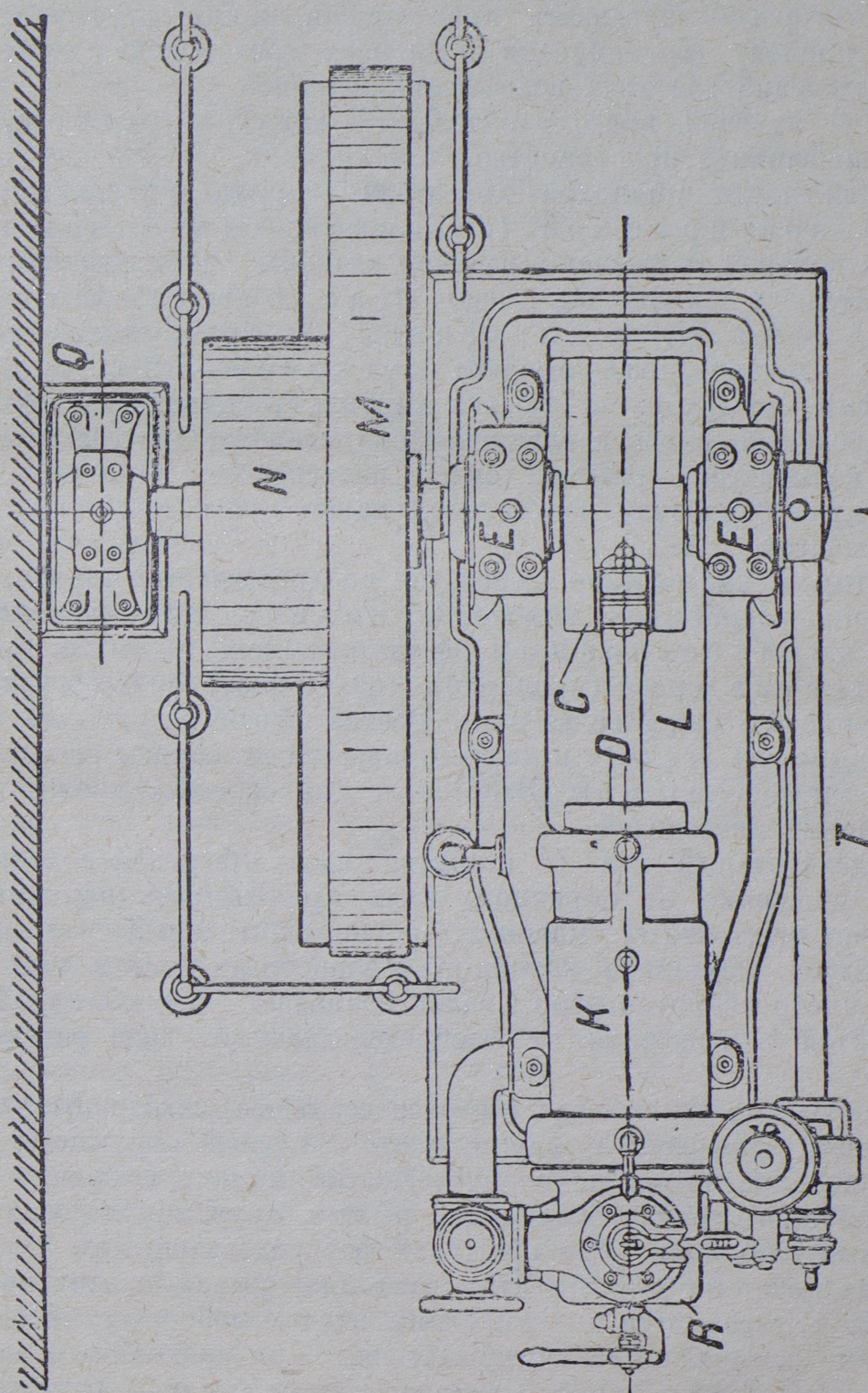
Фиг. 699.

слоя, внизу которого, в особых гнездах, устанавливаются удерживающие от проворачивания и выскакивания болтов анкерные плиты, а сверху болты затягиваются обычными гайками.

Внутри цилиндровой втулки *A* прямолинейно-возвратно движется рабочий поршень *B*, имеющий цилиндрическую форму с открытым концом со стороны кривошипа. Другой конец поршня, обращенный к головке цилиндра, носит название днища поршня.

Передача работы поршня коренному валу производится при помощи шатуна *D*, с одной стороны шарнирно укрепленного в теле поршня, а с другой—на цапфе кривошипа при помощи подшипника, заключенного в головку шатуна. Скрепление с поршнем достигается при помощи особого стального пальца, охватываемого поршневой головкой шатуна.

Коренной (коленчатый) вал *C* имеет опору в коренных (рамовых) подшипниках *E*, гнезда для которых имеются в раме двигателя; свободный конец вала опирается на третий подшипник *Q*, назы-



Фиг. 700.

ваемый наружным или внешним, который устанавливается на особой кладке как независимый от машинной рамы. Вал равномерно опирается на все подшипники и свободно в них вращается.

На коренном валу наглухо насажены маховик *М* и ременный шкив *Н*. Назначение первого—аккумулировать образующуюся во время рабочего хода энергию и затем отдавать ее на протяжении остальных периодов рабочего цикла, чем выравнивается ход двигателя в целом; назначение второго—передать при помощи ремня энергию двигателя коренному приводу (трансмиссии). Впрочем, роль шкива часто играет маховик, служащий для двух целей одновременно.

Через *О* отмечен предохранительный кожух, которым закрывается шатунно-кривошипное пространство.

Передняя часть цилиндра двигателя закрыта повернутой к ней цилиндрической крышкой (головкой, клапанной коробкой) *В*, в которой размещены рабочие клапаны. В отношении к газовому двигателю в крышке мы имеем всасывающий клапан *В*, смесительный *Н*, и выпускной *Г*; кроме этих, отмеченных на чертеже, клапанов, еще бывают: пусковой—для пуска двигателя в ход сжатым воздухом, и дроссельный, помещающийся внутри трубы, подводящей смесь к всасывающему клапану; дроссельный клапан управляет количеством рабочей смеси, поступающей в цилиндр, в свою очередь будучи управляем регулятором машины, с которым он соединен системой рычагов.

Регулятор *С*, как сказано, действует на дроссельный клапан, причем регулирование посредством изменения количества рабочей смеси называется количественным регулированием, тогда как при изменении качества смеси (пропорции газа с воздухом), регулирование носит название качественного. Третий способ регулирования нарушает непрерывность вспышек и характеризуется названием регулирования пропусками вспышек. Этот последний способ наиболее характерен для газовых двигателей.

Распределительный вал *II* ставится вдоль большой оси двигателя и получает движение от коренного вала при помощи пары винтовых колес. В четырехтактных машинах распределительный вал получает вращение вдвое медленнее коренного вала, тогда как в двухтактных двигателях число оборотов обоих валов совпадает. Второй парой шестерен приводится в движение от распределительного вала регуляторный стержень.

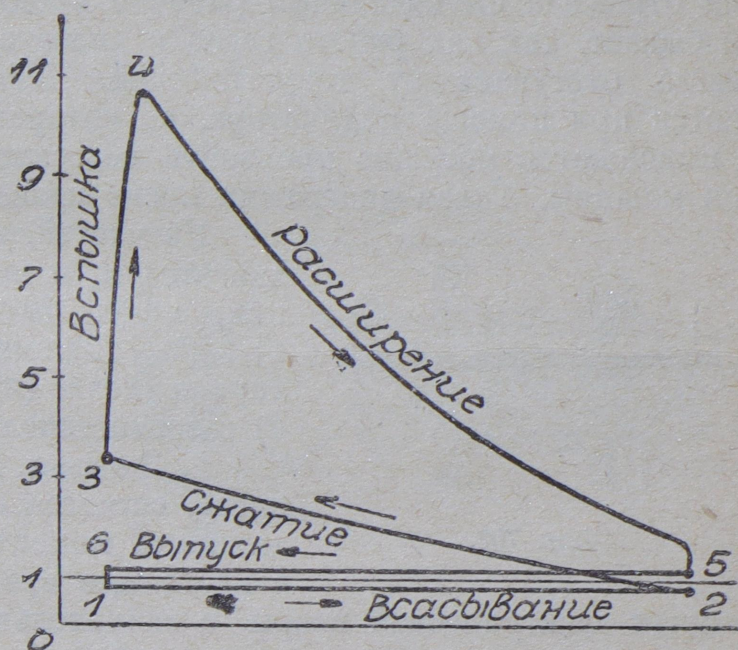
На распределительном валу имеются стальные закаленные кулачковые шайбы, имеющие в одном месте на своей окружности выступ (кулак), назначение которого—в определенный момент выводить из некоторого устойчивого равновесия ролик рычага, другим концом соединенного с данным клапаном. При вращении распределительного вала ролик рычага насккивает на кулак и этим отклоняет рычаг, а этот последний промежуточной тягой или другим своим плечом действует на шпиндель клапана, чем заставляет его открываться. При дальнейшем вращении распределительного вала ролик сбегает с кулака шайбы и освобождает свой рычаг и тогда клапанная пружина закрывает клапан.

Отличие вертикальной конструкции от горизонтальной, чертежа которой мы не приводим, в том, что здесь, кроме иного расположения

цилиндров и совершенно видоизмененного их укрепления, имеется несколько добавочных деталей, вытекающих из самой конструкции. Останавливаться на них мы не будем, так как вертикальные конструкции газовых двигателей встречаются редко и потому для нас они неинтересны.

Газовые двигатели строятся почти исключительно горизонтального типа и при этом не имеют более двух цилиндров. Крупные машины работают по принципу двойного действия, причем мощность современных машин доходит до 1500 л. с. на цилиндр и даже выше. В СССР крупные газовые двигатели имеются в металлургических районах, работающие на доменном и других газах; мелкие и средние — распространены, главным образом, в мельничной промышленности, работающие на силовом газе, добываемом при посредстве генераторов-дэфие печей из дров, торфа, антрацита и подсолнечной лузги.

На фиг. 701 представлена диаграмма, графически изображающая работу газов в цилиндре газового двигателя, работающего по четырех-тактному циклу. Здесь линия 0 представляет собою линию абсолютного давления или нулевую линию. От этой линии по вертикали откладывается в известном масштабе некоторое расстояние (1), изображающее одну атмосферу, и проводится тоже горизонтальная линия, представляющая собой линию избыточного давления или атмосферного.

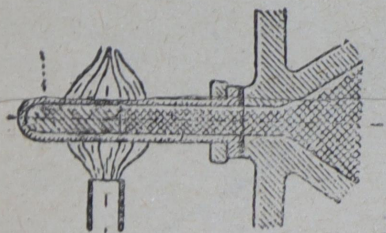


Фиг. 701.

Во время всасывающего хода поршня в цилиндре двигателя происходит некоторое разрежение до давления в 0,7 ат, что и характеризуется линией 1—2, проведенной немного ниже атмосферной, при чем длина этой линии изображает длину хода поршня. В течение сжимающего периода давление возрастает, доходя приблизительно до 6—10 ат; ход сжатия представляется кривой 2—3. Повышение давления происходит до тех пор, пока рабочую смесь не воспламенит электрическая искра, каковой момент наступает несколько ранее достижения поршнем наружной мертвой точки, после чего давление сразу быстро повышается, доходя примерно до 16—30 ат. Подобное увеличение давления будет продолжаться до тех пор, пока поршень не дойдет до конца и не переменит своего направления. Период вспышки и сопутствующее ему повышение давления на диаграмме изображается кривой 3—4. В результате воспламенения смеси происходит расширение газов, и поршень под их давлением

совершает третий—рабочий—ход, причем давление это постепенно падает. Ход расширения, или рабочий ход, на диаграмме определяется кривой 4—5. На некоторой высоте поршня от внутренней мертвой точки, когда рабочий ход еще полностью не закончился, открывается выпускной клапан. В это время давление падает почти до атмосферного и при обратном ходе поршня происходит выталкивание последним отработавших газов из цилиндра в атмосферу; но так как давление газов все же остается несколько выше атмосферного, то кривая выпуска будет лежать тоже выше атмосферной линии, что на диаграмме выясняется из кривой 5—6.

На фиг. 701 мы привели так называемую теоретическую диаграмму, т.-е. вычерченную произвольно от руки, и притом так, как она отражала бы идеальный рабочий процесс. В действительности этого не бывает, так как работа газов в двигателе по тем или иным причинам всегда отстает от теоретической. Действительная диаграмма получается при помощи индикатора, по которой и вычисляется работа газов и выясняются могущие произойти недостатки в работе отдельных органов машины. Такая диаграмма носит название индикаторной.



Фиг. 702.

Из частей, относящихся только к газовым двигателям, и потому весьма характерных для них, могут быть особо отмечены следующие: 1) запал; 2) смесительный клапан; 3) генераторная печь (при работе на силовом газе); 4) газоочистители.

1. Запал. Когда в цилиндре приготовлена смесь, остается озаботиться, чтобы ее в определенный момент воспламенить. Это делается в настоящее время почти исключительно при помощи электрической искры и значительно реже, только в устаревших конструкциях и мелких моделях, работающих на светильном газе,—с помощью запальной трубки, нагретой докрасна в пламени особой горелки (фиг. 702). Запальная трубка с одного конца делается замкнутой, а с другого сообщается с цилиндром. Вследствие высокой температуры стенок трубки, внутренность ее может быть заполнена только негорючей или сгоревшей смесью, которая более неспособна поддерживать горение. Когда же начинается в цилиндре сжатие свежевсосанной смеси, то последняя постепенно отталкивает сгоревшую смесь, наполняющую трубку, к ее дну, сама же, вступая туда в определенный момент, приходит в соприкосновение с нагретыми стенками трубки, воспламеняется и передает взрыв всей смеси в цилиндре.

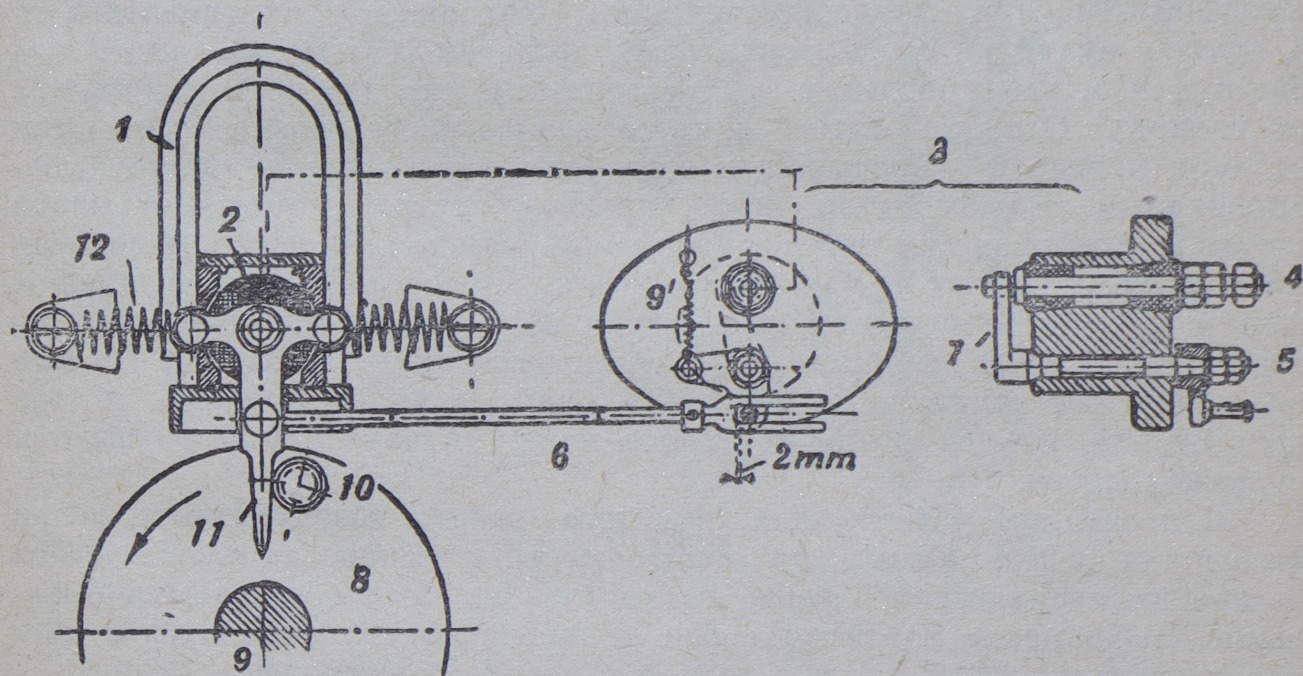
Важно устроить так, чтобы взрыв смеси электрической искрой или в запальной трубке происходил в надлежащий момент в конце периода сжатия смеси и начале периода работы. Для этого при запальной трубке пользуются часто перемещением вручную центра наибольшего нагрева трубки вдоль ее длины, либо через особое приспособление от двигателя сообщают внутренность трубки с цилиндром только в определенный момент в конце периода сжатия. Когда смесь по составу остается всегда одинаковой, последнее приспособление оказывается почти излишним:

когда же смесь во время работы изменяется по составу и от этого изменится температура ее взрыва, указанное приспособление делается необходимым, так как иначе взрывы могут быть несвоевременны.

Электрический запал производится от магнето низкого напряжения с качающимся или вращающимся якорем с работой на отрыв; при этом искра тока около 100 в проходит между двумя помещенными в камеру сжатия рабочего цилиндра контактами.

Зажигание током высокого напряжения на свечи в газовых двигателях не применяется, оставаясь особенностью двигателей, работающих на легком жидком топливе.

На фиг. 703 представлена схема зажигательного устройства на отрыв. Прежде чем перейти к описанию этого устройства, укажем



Фиг. 703.

почему данную систему называют системой на отрыв. Дело в том, что ток низкого напряжения от аккумуляторной батареи или от магнето сам по себе слишком слаб для образования искры, способной воспламенить рабочую смесь. Но если концы проводников, пропущенных в цилиндр, между которыми нужно получить искру, начать быстро отводить один от другого, то сила искры вследствие разрыва цепи будет значительно увеличиваться, причем, это увеличение будет тем значительнее, чем быстрее контакты будут отводиться друг от друга. Вот это-то отведение контактов и есть отрывание, зажигание на отрыв.

На фиг. 703 мы имеем магнето, состоящее из сильных подковообразных магнитов 1, между которыми внизу помещается якорь 2, якорь принужденно отклоняется из своего среднего положения на угол 25—30° при помощи неподвижно заклиненного пальца 11. Поворот якоря вызы-

вает магнитный поток, который проходит через его корпус в зависимости от положения этого корпуса. В положении якоря на фиг. 703 направление магнитных волн идет по кратчайшему пути между концами подковообразного магнита, минуя ту часть якоря, на которой имеется обмотка. При повороте якоря в ту или другую сторону, магнитные волны будут располагаться по определенной закономерности, причем эта закономерность вызовет различное направление магнитных потоков, а перемена направления потоков как по силе, так и по направлению в обмотках якоря, вызовет индуктирование электрического тока, напряжение которого будет тем выше, чем скорее эти колебания в магнитном поле.

Отклонение якоря может происходить до тех пор, пока палец 11 не соскочет с особого кулачка 10, после чего сильные пружины 12 — 12 быстро возвращают якорь в исходное положение. Образование искры производится при помощи отрывного механизма, привинчиваемого в крышку цилиндра особым запальным фланцем 3, который имеет два болта 4 и 5, удерживающих прикрепленные к ним два привода, идущие от магнето. Один из болтов сидит во фланце неподвижно и изолирован от него, а второй — вращается в теле фланца свободно, не будучи изолированным. На свободном болте укреплен внутри цилиндра отрывной рычаг 7, прерывающий ток в определенные моменты, причем, отклонения этого рычага зависят от положения тяги 6, в свою очередь зависимой от шайбы 8, сидящей на распределительном валу 9, тогда как небольшая пружина 9¹ стремится удержать его в соприкосновении с болтом 4. В таком положении ток замкнут. Когда тяга 6 отрывает рычаг болта 4, то ток прерывается, причем в момент отрыва между концами болтов образуется отрывная искра.

В некоторых конструкциях магнето вместо колеблющегося якоря выполняют неподвижный якорь, вокруг которого установлен колеблющийся легкий цилиндрический барабан из мягкого железа с продольными вырезами. Прохождение магнитных волн и изменение числа оборотов в этой конструкции в общем то же, что и в только-что описанной.

К числу недостатков системы зажигания на отрыв, нужно отнести обилие рычагов, тяг, пружин и т. п., требующих аккуратного обращения, хорошего ухода и частого регулирования; запальный фланец часто оказывается неплотным; изоляция подвижного рычага представляет большие трудности; однако, отложение нагара на контактах наступает не так скоро, и во всяком случае реже, чем это имеет место при системе зажигательных свечей.

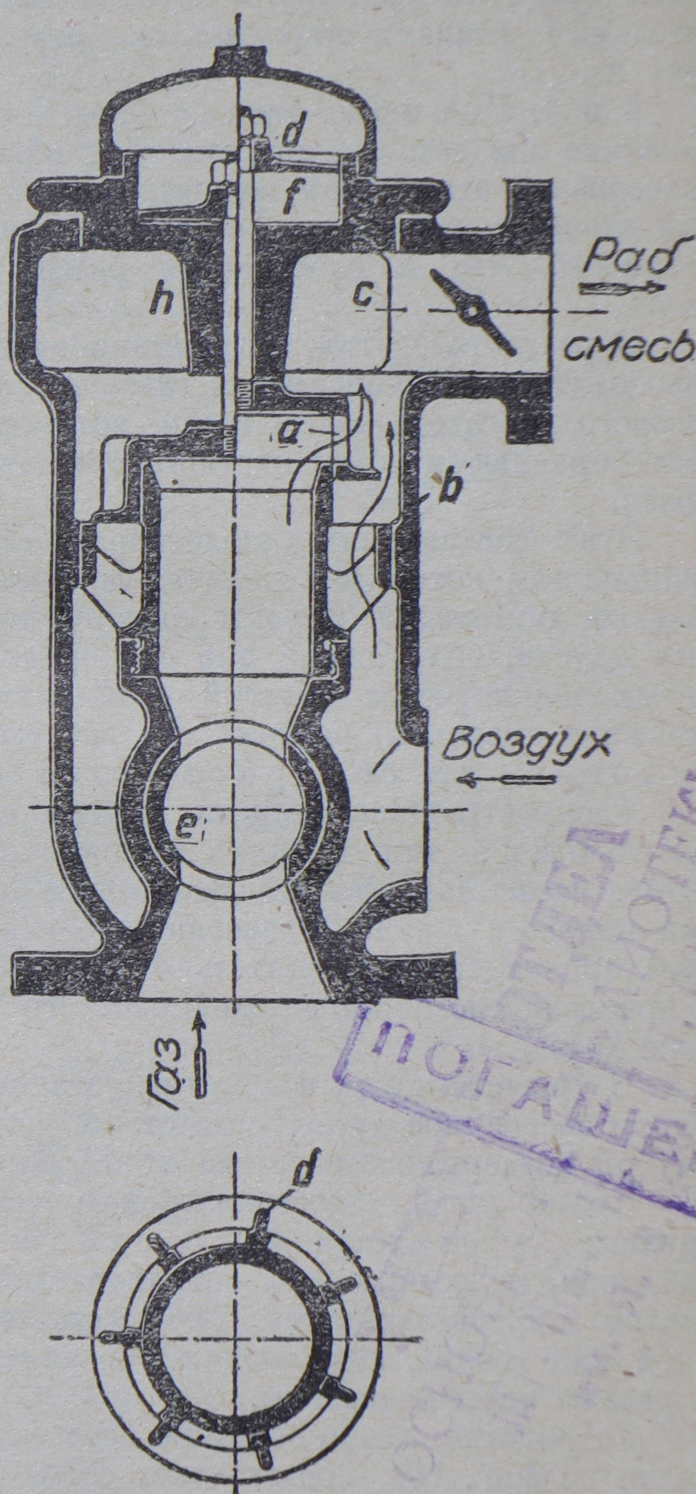
Преимущества отрывного зажигания в том, что при нем получается хорошая длина искры.

2. Смесительный клапан. Эти клапаны — принадлежность только газовых двигателей.

На фиг. 704 представлен в разрезе смесительный клапан для средних и крупных двигателей, относящийся к конструкции газовой машины, которую мы разбираем.

Действие смесительного клапана достигается автоматически, и образование рабочей смеси не зависит ни от развиваемой двигателем мощно-

сти, ни от числа его оборотов и клапан не является связанным с распределительным механизмом, за исключением связи дроссельного клапана с регулятором. Клапан имеет вид вертикально расположенного цилиндра, к которому подвод газа производится снизу по вертикали, как показано на фиг. 704 стрелкой. Особый трубчатый кран *e* регулирует выпуск газа посредством вращения от руки двухплечего рычага. Подвод воздуха производится сбоку; воздух проходит через кольцевое пространство, идущее вокруг газопровода; верхнее отверстие последнего, равно как и кольцеобразная площадь воздухопровода прикрывается клапаном *a*; нижними краями клапан садится на седло *b*, а в то же время внутренней верхней частью плотно прижимается к гнезду верхней части газопровода. Боковая поверхность клапана снабжена рядом проходов, через которые при открытом клапане проходит из газопровода газ. Направляющей для клапана во втулке, образованной в крышке *h*, служит укрепленный на резьбе вертикальный шпindel; последний на верхнем своем конце снабжен плоским поршеньком *d*, перемещающимся в зависимости от движения самого клапана во внутреннем цилиндре, к стенкам которого поршеньки плотно пригнан, так что при движении клапана вверх под поршеньком образуется разреженное пространство.



Фиг. 704.

Всасывающий и дроссельный клапаны бывают открыты во время всасывающего хода рабочего поршня и пространство цилиндра двигателя сообщается со смесительным клапаном; под влиянием всасывающего действия поршня смесительный клапан открывается, газ выходит через про-

ходы в клапане и увлекается током воздуха из кольцевого пространства, образуя рабочую смесь. Эта смесь подается к всасывающему клапану. После закрытия последнего прекращается влияние разрежения и смесительный клапан закрывается, прекращая образование смеси и подачу ее.

3 и 4. Генераторная печь и газоочистители. Первоначально для газовых двигателей употреблялся светильный газ. Однако, пользование этим газом возможно лишь в тех районах, где имеется газовый завод, и, кроме того, светильный газ имеет сравнительно высокую стоимость, что в особенности резко сказывается на крупных двигателях.

В результате этих эксплуатационных неудобств, явилось стремление освободиться от зависимости газового завода и начать пользоваться для газового двигателя таким газом, который можно было бы легко получать везде при любом сорте местного топлива и который был бы сравнительно дешев.

Этим требованиям удовлетворяет так называемый генераторный или силовой газ, который и получил широкое распространение для питания газовых двигателей. Первым конструктором газогенераторной установки был Даусон, получивший при одновременном продувании воздуха и перегретых паров через толстый слой раскаленного антрацита или кокса (также и смеси их) рабочий газ, известный под именем смешанного, силового или генераторного газа.

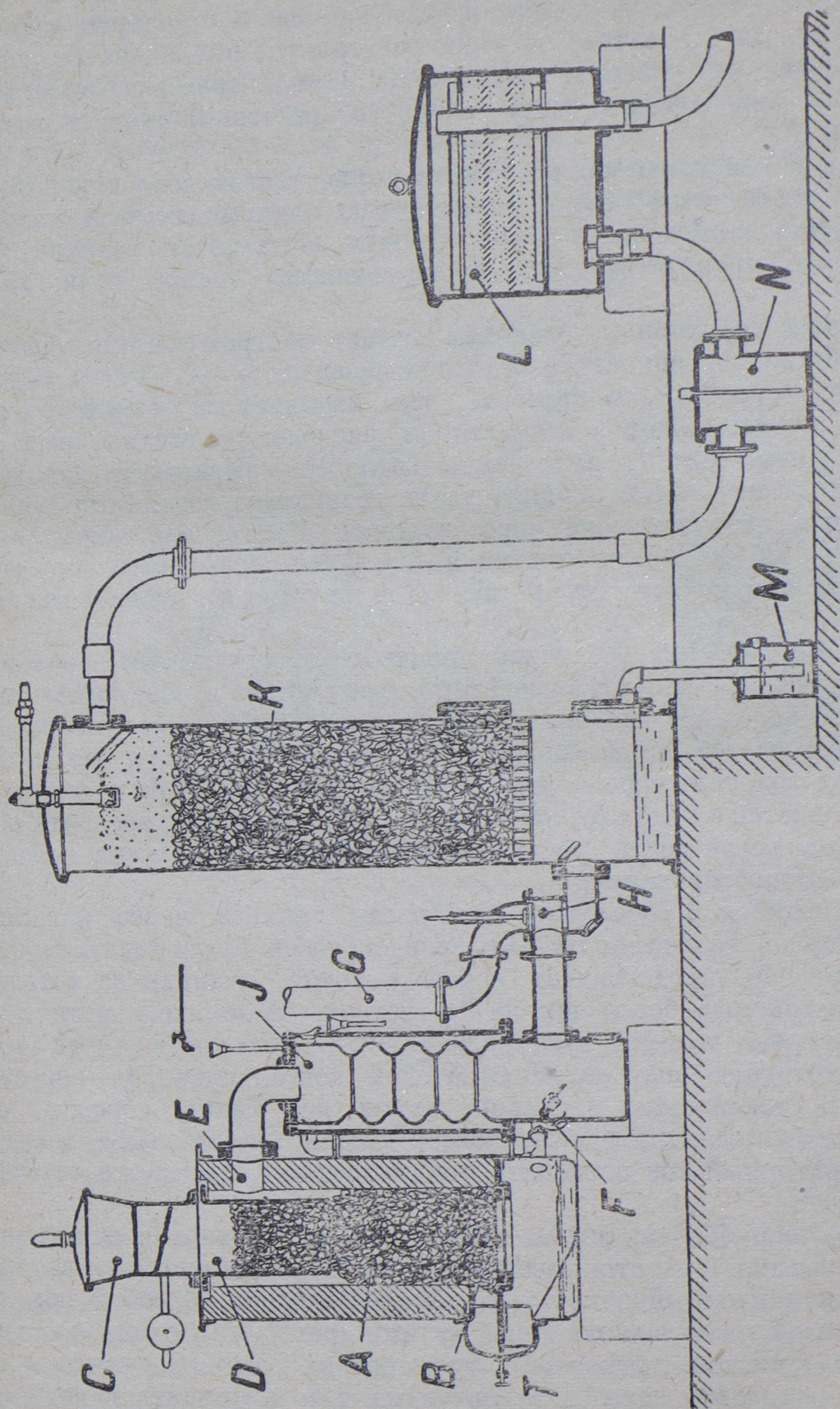
Распространенным видом газогенераторной установки является всасывающий тип, принцип которого состоит в том, что поршень двигателя засасывает газ без какого-либо добавочного устройства воздушного или парового дутья. Образование газа и его прохождение через очистители происходит исключительно вследствие разрежения, образующегося в пространстве перед днищем рабочего поршня во время его всасывающих ходов.

Нагнетательный тип установки, в отличие от всасывающего, имеет постоянное дутье, вследствие чего в такой установке давление внутри поддерживается выше одной атмосферы.

Кроме того, газогенераторные установки подразделяются на две группы: 1) на установки с одной зоной горения, питаемые топливом, не содержащим осмалителей (дегтя), а именно—антрацитом, коксом и древесным углем; 2) на установки с двойной зоной горения для топлив, содержащих осмалители, как-то: торф, бурый уголь и разные виды древесины.

Устройство газогенератора состоит в следующем. Генератор, как видно из фиг. 705, представляет собой шахтную печь, снаружи покрытую железной облицовкой (кожухом), а внутри выложенную огнеупорным кирпичом. Во избежание потерь тепла на лучеиспускание, между кожухом и кирпичной кладкой оставляется некоторое пространство, заполняемое термоизоляцией.

Загрузка генераторной печи топливом производится сверху. Печь в своей нижней части имеет колосниковую решетку В, на которую через



Фиг. 705.

воронку *C* забрасывается топливо, сначала — для растопки — легко воспламеняющееся, как-то: стружки, щепы, дрова и некоторое количество основного топлива, а затем, по мере разгорания, прибавляется основное топливо до тех пор, пока не образуется нормальная его высота. Для образования тяги воздуха (этим ускоряется растопка) внизу монтирован вентилятор *F*.

Доступ к колосниковой решетке в целях чистки колосникового пространства достигается через герметически закрывающиеся дверцы *T*. Герметичность запора загрузочной воронки достигается наличием двойного запора, препятствующего проникновению внутрь печи лишнего воздуха.

Вся газогенераторная установка состоит из трех взаимно связанных частей: собственно генератора — газообразователя — *A — D* и двух очистительных устройств, мокрого *K*, так называемого скруббера, и сухого *Z*. Затем, рядом с генератором расположен соединенный с ним трубой *E* испаритель *J*, назначение которого — образовать пар за счет тепла проходящего через испаритель из генератора газа. Вода в испаритель подается автоматически через воронку. Испаритель закрыт не герметически, сообщаясь при помощи небольшого отверстия с окружающей атмосферой, причем этим отверстием регулируется и уровень воды в испарителе.

В общем, действие установки производится следующим образом.

Воздух через открытое отверстие устремляется в испаритель, проносится над свободною поверхностью испаряющейся воды нагретой до 80°C , и насыщается образовавшимися водяными парами, после чего подводится под колосниковую решетку генератора. Роль пара в общем процессе заключается в необходимости увеличить содержание водорода в газе. Пар, проходя через толщу раскаленного топлива, тем самым участвует в процессе газообразования.

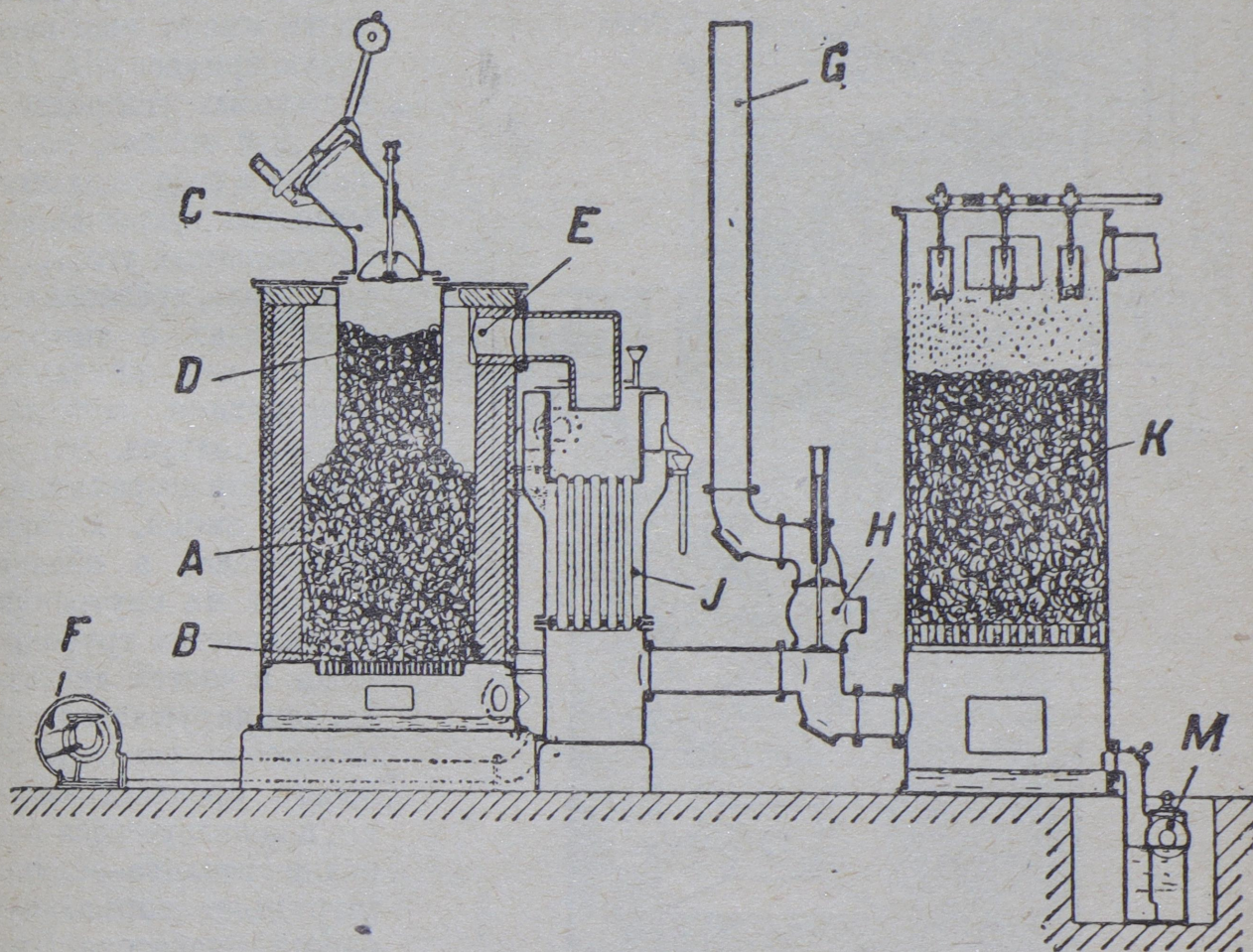
Образующийся в генераторе газ, после прохода через испаритель, направляется по трубопроводу дальше в скруббер *K* для очистки и охлаждения. Скруббер представляет собой высокий цилиндр из котельного железа, заполняемый более чем на $\frac{2}{3}$ коксом. В верхней части с этого цилиндра устроен водяной душ, низвергающий по каплям через трубки или сетку холодную воду на верхний слой кокса, проникая постепенно в нижние, и стекая затем в сливной сифон *M*. Таким образом, столб кокса непрерывно оmyвается капающей водой, движущийся же снизу вверх генераторный газ постепенно охлаждается и очищается от частиц золы и конопли.

Однако, скруббер не столь совершенен, чтобы вполне очистить газ. В целях повышения очистки газ после скруббера пропускается еще через сухой или опилочный очиститель *Z*, представляющий собой род бака, в средней своей части наполненный сухими древесными опилками, иногда заменяемыми мелкой древесной стружкой, коксом или сухим мхом. Имеющиеся в топливе сера (она допустима для антрацита в количестве до 15%), опилки или стружки разбавляются некоторым количеством железных стружек и извести. В сухом очистителе газ получает окончательную

очистку от остатков водяных паров и пыли, а при содержании в топливе серы — от примеси серных паров, после чего поступает уже к цилиндру машины.

На фиг. 706 изображена другая конструкция газогенераторной установки для антрацита или кокса, по принципу действия ничем существенным не отличающаяся от приведенной на фиг. 705.

В обоих случаях трубопровод из генератора в скруббер снабжен переключающим трехходовым вентилем *H*, при помощи которого во время



Фиг. 706.

растопки генератора преграждается движение продуктов сгорания и газа из генератора в очистители, а направляется через трубу в атмосферу.

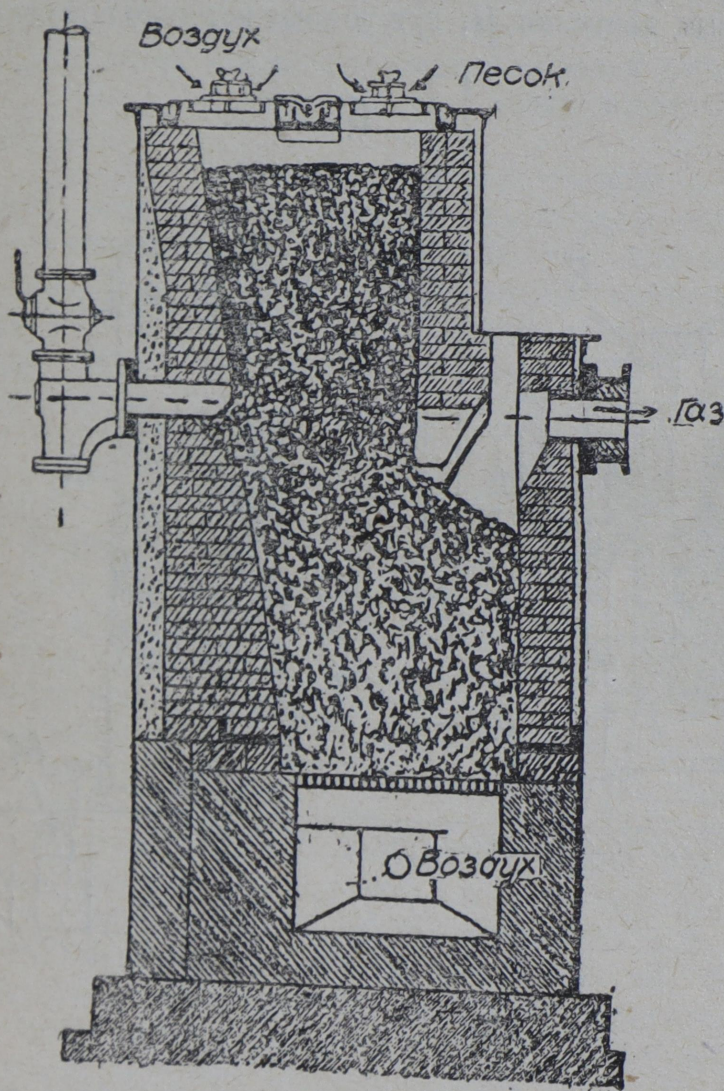
Важнейшие химические процессы, совершающиеся при сгорании топлива в генераторной печи, в общем сводятся к следующему. В нижней части, у колосниковой решетки, происходит полное сгорание, но чем дальше кверху, тем сгорание становится все менее совершенным, вследствие чего и происходит образование горючих газов. У колосниковой решетки углерод сгорает в углекислоту ($C + O_2 = CO_2$); дальше, в зоне несовершенного горения, происходит реакция между углекислотой и углеродом с образованием окиси углерода ($CO_2 + C = 2CO$); водяной пар,

поданный в генератор из испарителя, при прохождении через раскаленное топливо диссоциируется, причем, кислород воды образует с углеродом окись углерода, водород же выделяется в свободном состоянии ($\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO} + \text{H}_2$).

Таким образом, силовой генераторный газ состоит из окиси углерода, водорода и не участвовавшего в реакциях азота, пропущенного через топливо воздуха; эти главные составные части имеют еще некоторую примесь CO_2 , CH_4 и тяжелых углеродов.

Для топлив, содержащих в себе смолистые вещества (гудроны), как-то: каменный уголь, бурый уголь, древесина во всех видах и торф, — только что описанные конструкции генераторов не годятся. Эти топлива при сгорании выделяют смолы, которые не сгорают, а обильно оседают на внутренних поверхностях трубопроводов и частей двигателя, чем нарушается правильное направление рабочего процесса машины, а появляющееся спекание топлива — сильно затрудняет нормальную работу генератора. Присутствие в топливе смол требует применения генератора с двойной зоной горения.

Генераторы с двойной зоной горения в

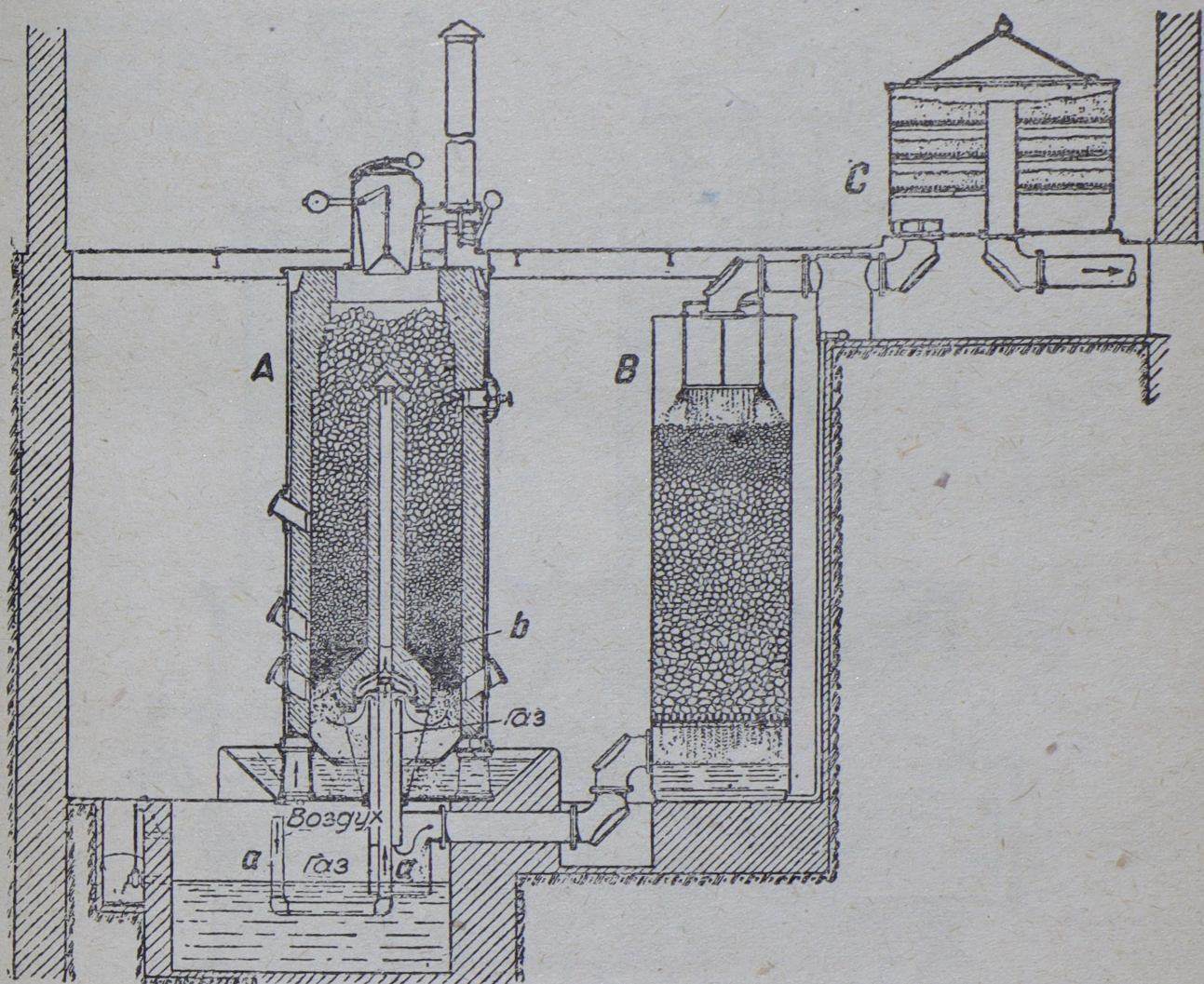


Фиг. 707.

свою очередь разделяются на конструкции одношахтные и двухшахтные.

На фиг. 707 представлен одношахтный генератор с двойной зоной горения, конструкция которого допускает применение в качестве топлива брикетов бурого угля. Здесь воздух подводится в шахту и снизу и сверху, так что образуются две зоны горения, газ же отсасывается посредине высоты генератора. Первичный воздух проходит через колосниковую решетку, образуя внизу первую зону горения. Выделяющиеся

в результате горения топлива пары смол вместе с газом движутся вверх к месту отсоса газа. Вторичный воздух подводится сверху и проходит вниз к месту отсасывания, образуя вторую зону горения. Во второй зоне образующаяся при первом газообразовании углекислота CO_2 диссоциируется в окись углерода CO и свободный кислород O . Получаемые отгонкой газы разлагаются при прохождении через раскаленное топливо



Фиг. 708.

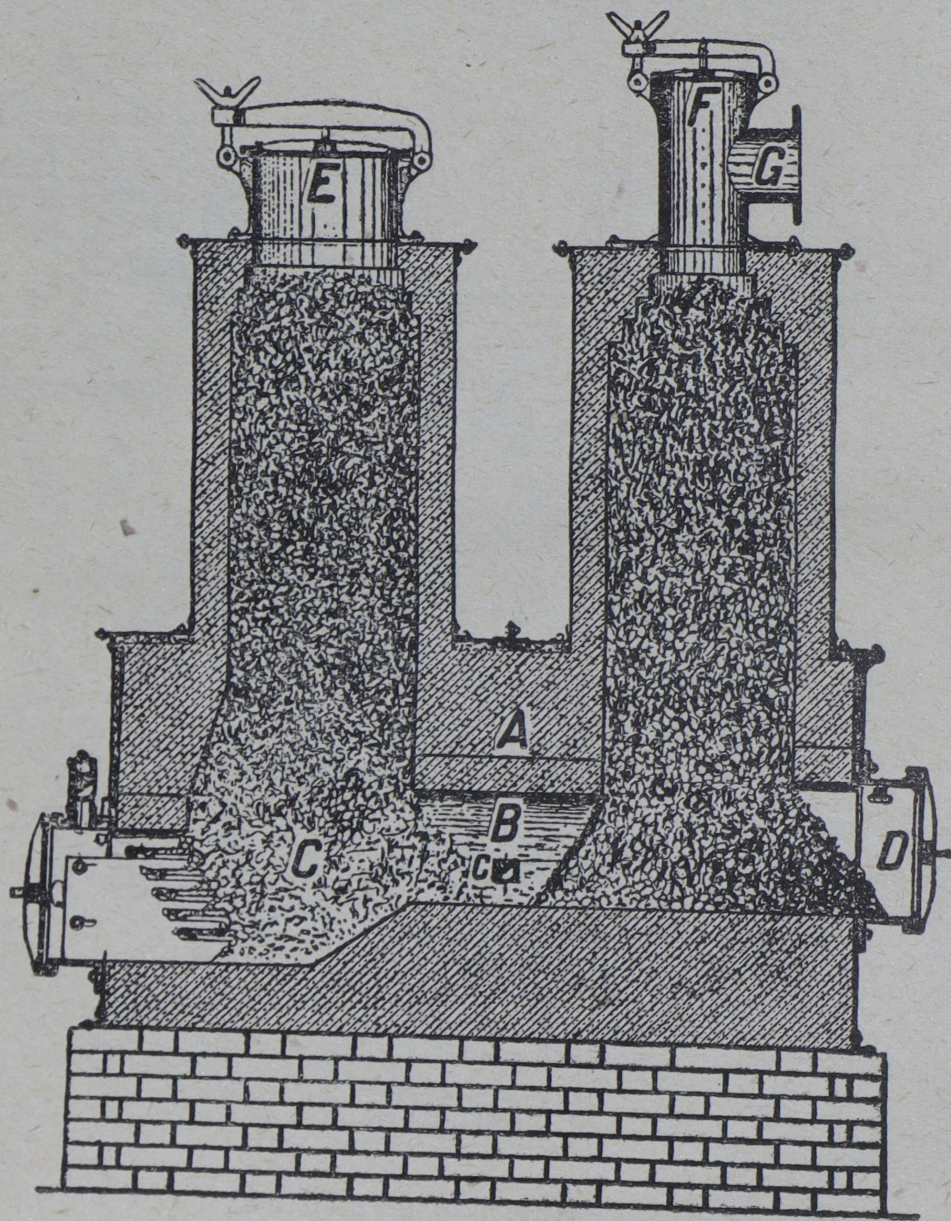
на неконденсируемые газы, вследствие чего охлаждение смолы не происходит.

Необходимости во введении в генератор водяного пара здесь нет, так как брикеты бурого угля содержат в себе достаточное количество влаги.

Сходное устройство имеют также генераторы, предназначенные для работы на торфе и дровах. Но в данном случае приходится считаться с большим содержанием в торфе [и дровах] влаги, почему возникает необходимость отводить газы верхней зоны горения под колосниковую решетку по особому трубопроводу и пропускать их через нижние раска-

ленные слои топлива, имеющие более высокую температуру и потому лучше разлагающие газы.

Такой генератор представлен на фиг. 708. По оси генератора *A* имеется особый, выложенный из шамотного кирпича, вертикальный канал, назначение которого — подогревать воздух за счет теплоты отсасываемого



Фиг. 709.

газа, что способствует повышению температуры генераторного процесса, т.-е. позволяет пополюнять значительный расход тепла на испарение влаги, содержащейся в топливе (торф, дрова). Этот воздух подогревателем *b* в своей нижней части образует газоотвод. Первичный воздух подается трубопроводом *a* снизу через водяной резервуар — пылеуловитель, расположенный под генератором. Воздух переходит вверх в нагреватель *b*

и затем поступает в верхнюю часть шахты. Отсасывание газа происходит вниз, как указано стрелками и надписями. Благодаря образующейся разнице в температурах, воздух устремляется снизу через слой топлива, а газ отсасывается через отверстие открытой вверх трубы; газ проходит по вертикальной трубе вниз и через боковое отверстие поступает в скруббер *B* над водяной поверхностью пылесобирающего, где и осаждаются загрязняющие газ примеси. Из скруббера газ проходит дальше в сухой опилочный очиститель *C*, проходя попутно через конденсационный горшок, где газ теряет свой запас влаги.

Загрузка топлива производится сверху, как и в других генераторах.

На фиг. 709 показана конструкция двухшахтного генератора, состоящего из двух шахт — печей, заключенных в общую обмуровку *A* и железные кожухи; между первой и вторыми имеется небольшая асбестовая прослойка для уменьшения потерь теплоты; шахты соединены между собою небольшим боровком *B*.

В нижней части левой шахты имеется топка *C* со ступенчатыми колосниками. Воздух подается вентилятором через отверстия в топочной раме, насыщаемой по пути следования водяными парами. Образующийся в левой печи газ со всеми примесями направляется по борову *B* в правую шахту, получая по пути из отверстия *c* добавочный воздух, который подается в целях поддержания в правой шахте надлежащего горения, причем, количество добавочного воздуха зависит от количества топлива.

В левую шахту через приемник *E* загружается основное топливо; в правую, через приемник *F*, — кокс или древесный уголь. В этой второй шахте и происходят диссоциации гудронов и углекислоты, содержащихся в газе. Впуск воды в левую печь зависит от применяемого рода топлива, т.-е. от содержания в нем влаги; так, при торфе, дровах и опилках впуск воды излишен.

В дальнейшем, после реакции в правой печи, газ выходит через патрубок *G* загрузочного приемника *F* и поступает для последующей очистки в скруббере и сухом очистителе по вышеизложенному.

Б. Нефтяные двигатели.

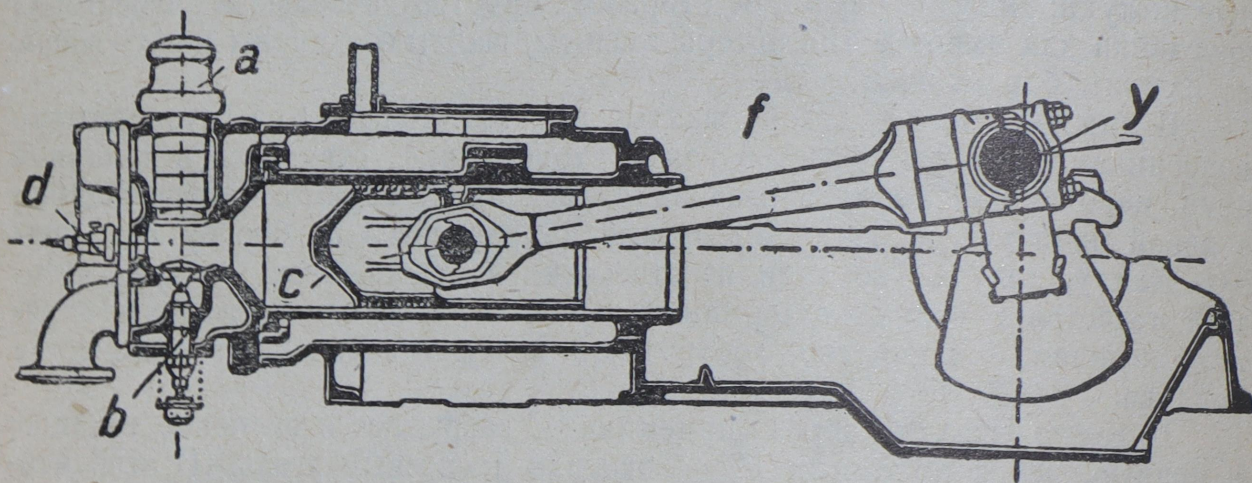
Принцип действия нефтяных двигателей быстрого сгорания, не считая некоторых конструктивных особенностей, ничем не отличается от газовых машин, которые, как и последние, работают в четыре и два такта. Существенная разница в конструкции заключается в способе питания двигателя топливом, способе запала и устройстве распределительной части.

Стационарные нефтяные двигатели никогда не строятся больших мощностей, бывают только одноцилиндровыми, работают по принципу простого действия, бывают горизонтальными и вертикальными. Этот класс двигателей находит широкое применение в мелкой и частью в средней промышленности и у нас наиболее широко распространен.

Фиг. 710 дает представление о внутренних органах горизонтальной модели четырехтактного нефтяного двигателя. Здесь через *a* обозначен всасывающий для чистого воздуха клапан; через *b* — выпускной (выхлопный), через *c* — поршень с конусообразным днищем; через *d* — форсуночный клапан (форсунка); через *f* — шатун и через *y* — коренной вал.

Не касаясь общих с газовыми двигателями деталей, о которых мы уже вкратце говорили, отметим лишь отличительные свойства работы нефтяных двигателей.

Зажигание рабочей смеси в нефтяных двигателях производится при помощи сильно нагретых стенок особого испарителя, иначе запального шара — калоризатора, имеющего снаружи и внутри цилиндрическую или сферическую форму с отверстием, которое сообщается с камерой сжатия



Фиг. 710.

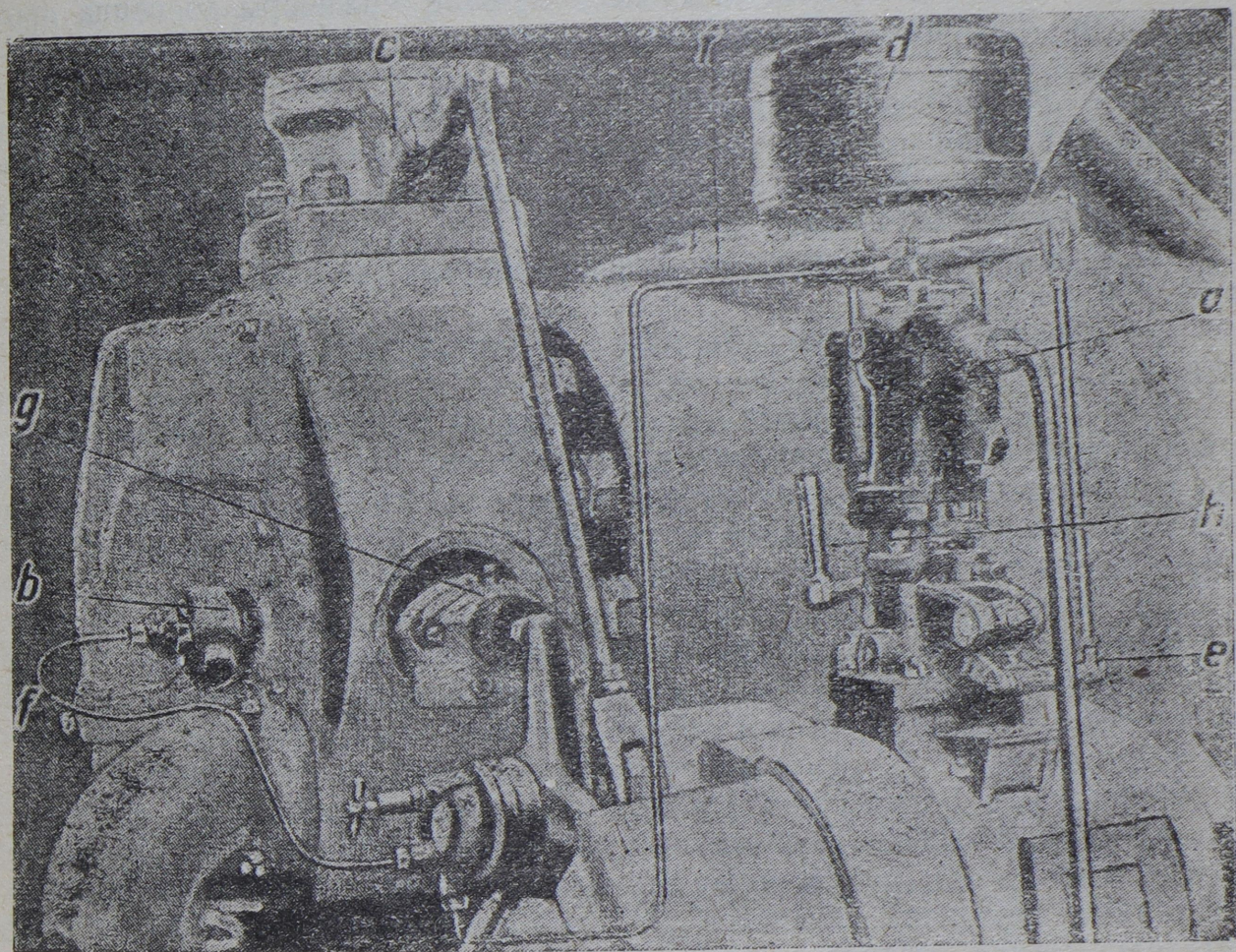
цилиндра. Первоначально, перед пуском двигателя, калоризатор разогревается извне керосиновой (паяльной) лампой, а затем необходимая температура поддерживается теплотой рабочей полости цилиндра.

Подача топлива производится насосом *a* в форсунке *b*, которая вспрыскивает топливо калоризатор (фиг. 711). Воздух, перемешиваясь с парами нефти, образует рабочую смесь, которая, в свою очередь, перемешивается с главным притоком воздуха через всасывающийся клапан *c*. Количество подаваемого топлива регулируется коническим регулятором *d*, получающим движение от распределительного вала; регулятор, при помощи штанги *e*, принужденно действует на насос *a*, который системой трубопроводов (*f*) подает определенную регулятором порцию нефти в форсунку.

Пуск производится при помощи сжатого воздуха через пусковой клапан *g*. В мелких моделях обычно сжатым воздухом не пользуются, прибегая к первоначальному вращению руками за маховик или специальными механическими приспособлениями. Через *h* обозначена пусковая рукоятка.

В некоторых конструкциях прибегают к введению воды или водяного пара в цилиндр двигателя в целях отвода излишка теплоты, перешедшей

на калоризатор при нормальной работе или перегрузке двигателя. Введение воды имеет ту хорошую сторону, что способствует лучшей растворимости тяжелых составных частей нефти, обеспечивая их лучшее сгорание и тем самым повышая экономический эффект; независимо от этого, не полное сгорание сильно засоряет рабочие поверхности цилиндра и калоризатора, затрудняя эксплуатацию и уход.



Фиг. 711.

Двигатели постепенного сгорания (дизеля).

Двигатели Дизеля в настоящее время занимают настолько большое место в промышленности, что нам придется подробно остановиться на них.

При сжигании топлива в цилиндрах двигателей быстрого сгорания принуждены доводить сжатие всосанной двигателем смеси или чистого воздуха не до высокой степени давления, несмотря на то, что подобное сильное сжатие было бы, вообще говоря, очень выгодно как для увеличения мощности данного двигателя, так и для экономного его действия.

Вспомним при этом значение пара большой упругости при работе его в цилиндре паровой машины.

Но к подобному сильному сжатию всосанной смеси не прибегала долго потому, что подобная смесь, будучи сильно сжимаема, легко могло воспламениться сама по себе и раньше необходимого момента; а это могло бы вредно отозваться как на прочности самого двигателя, так и на правильности его работы.

Тем не менее о том, как бы достигнуть высокого сжатия смеси каким нибудь побочным образом, думали лучшие инженеры до конца прошлого века. Решение этой проблемы выпало на долю проф. Банки и инженера Дизеля.

Проф. Банки решил этот вопрос в применении к двигателям, для которых топливом служит бензин,—топливо сравнительно дорогое; Дизель—для двигателей, для которых топливом может служить керосин, нефть, также угольная пыль и т. п.

Для нас, русских, двигатель Дизеля поэтому должен иметь и имеет особенное значение.

Рассмотрим, каким образом проф. Банки и инженер Дизель достигают намеченной цели.

Проф. Банки в двигателе своей системы во время образования горючей смеси, во время сжатия ее, взбрызгивал в пространство сжатия воду в мелко распыленном виде, пользуясь для этого сильным папором. Воду эту взбрызгивали в количестве, значительно превышающем массу вводимого бензина.

При этом происходит следующее: теплота, выделяющаяся при сжатии горючей смеси, уходит на испарение содержащейся в ней водяной пыли и температура сжимаемой смеси может поэтому подняться сравнительно очень медленно. Таким образом удастся достигнуть весьма сильных сжатий смеси, не опасаясь преждевременного ее воспламенения.

В двигателе Банки смесь доводится до давления в $16,4 \text{ ат}$; в период зажигания (при помощи особых приспособлений для зажигания) давление доводится до 45 ат ; результатом этого увеличения сжатия горючей смеси при данных условиях является то, что на полезную тормозную силу двигатель Банки расходует только $0,221 \text{ кг}$ бензина, в то время как в двигателях обыкновенных, со сжатием смеси только до $4—6 \text{ ат}$ до периода зажигания, расход бензина составляет $0,6—0,4 \text{ кг}$.

Совершенно своеобразно эту же задачу решил инженер Дизель для двигателей, для которых топливом служит керосин, нефть. Дизель для достижения той же цели пользовался сжатым воздухом, приготовляемым самой машиной. В сжатый и нагретый в цилиндре воздух взбрызгивается частями в течение 18% хода поршня данное топливо—нефть и т. п. Горючее, будучи распылено подготовленным машиной сжатым воздухом, постепенно сгорает (сгорает без содействия особых приборов для зажигания), причем давление смеси сильно увеличивается и производит работу.

Мы только что-сказали, что горючее в конце периода сжатия одного воздуха вводится в цилиндр частями в течение приблизительно 18% обратного хода поршня, а не сразу. Это делается потому, что в этот момент и давление и температура воздуха и без того достаточно высоки; прибавив теперь же все горючее, весь

заряд сразу, легко было бы достигнуть температуры и давления смеси, опасных уже для прочности и действия самого двигателя; при прибавлении же заряда горючего частями, выделяющаяся при горении теплота преобразовывается в работу постепенно, а не тотчас, и опасаться за прочность и правильность действия двигателя не приходится.

Практическое осуществление идеи инж. Дизеля о постройке двигателя внутреннего сгорания с высоким сжатием было выполнено Аугсбургским машиностроительным заводом (MAN) в Германии, на котором, под руководством самого Дизеля, производилась разработка конструкции и постройка двигателя. Первый практически применимый мотор Дизеля был выпущен упомянутым заводом в 1897 г. и с тех пор непрерывно совершенствовался. В настоящее время двигатель Дизеля является наиболее экономически совершенным из всех систем двигателей внутреннего сгорания, экономический коэффициент полезного действия которого равняется 32—36%.

Большое участие в разработке отдельных деталей принимали и русские заводы, из коих на первом месте стоит завод „Русский Дизель“ (бывш. Л. Нобель) в Ленинграде, начавший строить эти двигатели спустя всего два года (1899 г.) после выпуска первого, практически годного для работы двигателя (Аугсбургский завод). Затем последовали Коломенский завод (с 1903 г.), б. Фельзер (ныне „Двигатель Революции“) с 1905 г., Николаевский (с 1908 г.) и позже—другие.

Для более легкого запоминания характерных отличий в действии разных фаз двигателя Дизеля и обыкновенного четырехтактного двигателя быстрого сгорания, приведем следующую схему.

Двигатели быстрого сгорания.

1-й такт. Поршень своим движением вперед всасывает в цилиндр смесь газа и воздуха или одного воздуха с упругостью около атмосферной.

2-й такт. Поршень обратным движением сжимает в цилиндре смесь или воздух до давления в 3—4 ат.

3-й такт. Смесь воздуха с газом или другим распыленным горючим воспламеняется запалом и, быстро сгорая, гонит поршень опять вперед.

Двигатели постепенного сгорания (дизеля).

1-й такт. Поршень своим движением всасывает в цилиндр чистый воздух с упругостью около атмосферной.

2-й такт. Поршень обратным движением сжимает этот воздух до давления около 32—36 ат (абсол.), нагревая его этим до темпер. в 600—700° С.

3-й такт. В этот раскаленный и сильно сжатый воздух взбрызгивается мелко раздробленное топливо (нефть), самовоспламеняющееся и сгорающее по мере взбрызгивания постепенно, не сразу, причем образующиеся газы и сжатый воздух, под дей-

4-й такт. Обратным движением поршень выталкивает продукты сгорания из цилиндра.

Таким образом, главное отличие работы мотора Дизеля заключается в чрезвычайно сильном предварительном, перед горением топлива, сжатии воздуха, доводимом, по возможности, до температуры этого горения и создающим вследствие этого высокий коэффициент полезного действия мотора.

Конструирование двигателя Дизеля потребовало много лет упорной работы.

В окончательном виде оказалось, что конструкция двигателя должна состоять из следующих частей:

Из приспособления для пуска двигателя в ход. Для этого надо иметь резервуар с запасным сжатым воздухом или же резервуар с жидкой угольной кислотой; клапан для впуска сжатого воздуха (или жидкой углекислоты), необходимый для того, чтобы пустить машину в ход; клапан для выпуска отработавших газов.

Легко видеть при этом, что конструкция двигателя должна быть такова, чтобы при пускании его в ход он мог бы быть двухтактным, и чтобы, когда двигатель достигнет известного числа оборотов, можно было бы легко от регулятора превращать его в четырехтактный, для каковой цели распределительный вал *A* (фиг. 712) должен бы быть конструирован соответственным образом. Затем, когда двигатель стал четырехтактным, то для правильного действия двигателя необходимо было снабдить его клапаном, который подавал бы в двигатель воздух во время 1-го такта, т.е. в периоде всасывания; затем, при втором такте, в периоде сжатия воздуха, при котором упругость воздуха доведена до 32—36 ат, надо было, чтобы, когда поршень не дошел еще приблизительно $1\frac{1}{2}\%$ своего хода до верхнего мертвого положения, открывался клапан для впуска горючего, чтобы это горючее подавалось бы топливным насосом к этому клапану, и чтобы оно могло войти в цилиндр в распыленном виде; для этого оказалось необходимым иметь особый воздушный насос (фиг. 712—*B*), который нагнетал бы воздух в другой резервуар, а оттуда бы этот воздух, сжатый до 50—65 ат, направился бы в клапан, подающий горючее; далее надо было, чтобы клапан этот закрывался, когда поршень пройдет приблизительно 18% своего хода во время 3-го такта. Для выхода отработавших газов необходим выпускной клапан, который начал бы открываться, приблизительно, за 8% не доходя до нижней мертвой точки во время третьего такта и закрываться, приблизительно, на 2% после верхней мертвой точки.

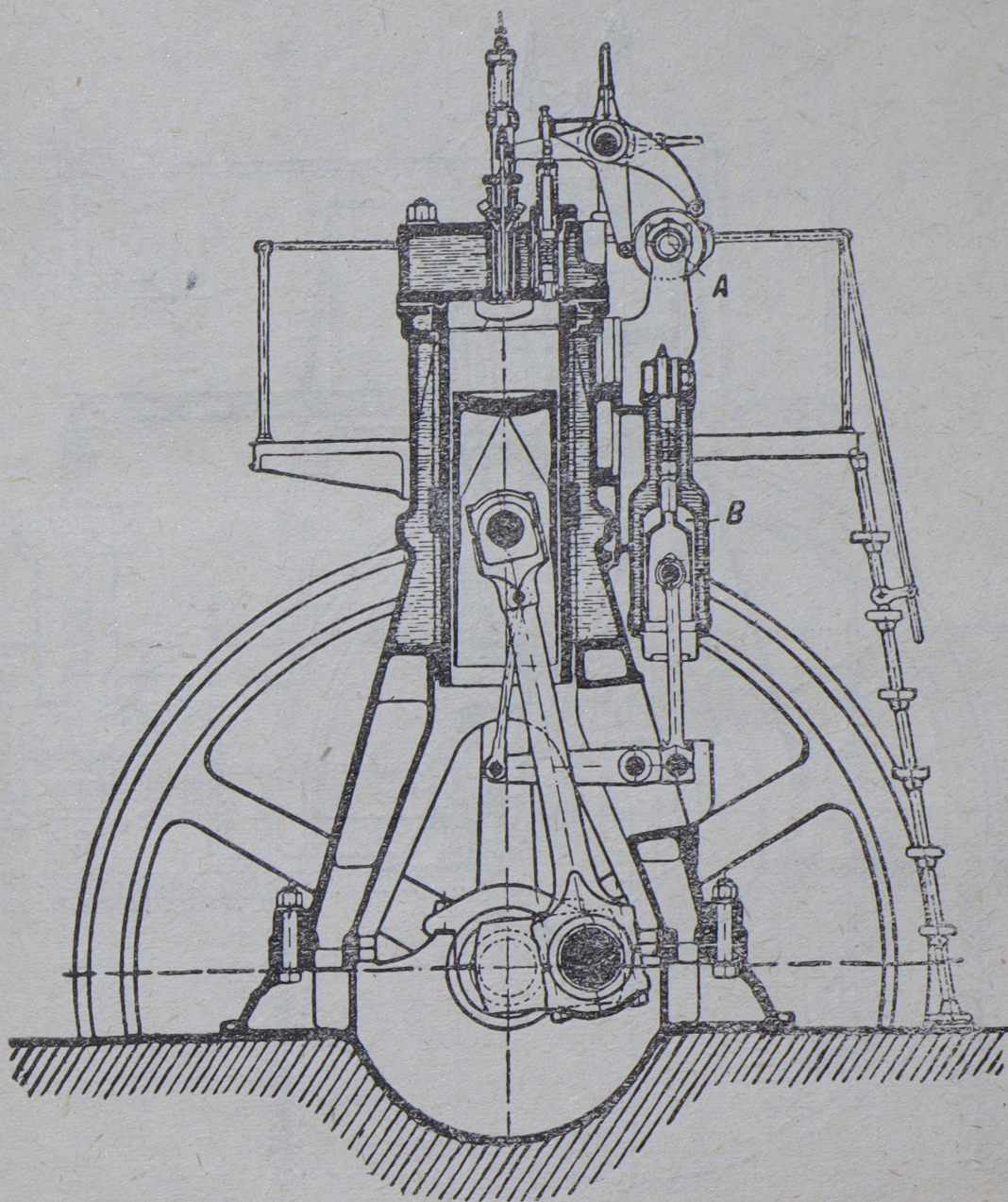
С подобными деталями, которые своевременно автоматически открывались и закрывались бы, двигатель, как оказалось, может регулярно работать.

ствием высокой температуры горения, развивают силу,двигающую поршень опять вперед.

4-й такт. Обратным движением поршень выталкивает продукты сгорания из цилиндра.

Ознакомимся теперь с общим согласным действием этих деталей двигателя Дизеля.

Для этой цели мы предварительно сделаем выборку существенных и отличных по своей конструкции и назначению деталей этого двигателя.



Фиг. 712.

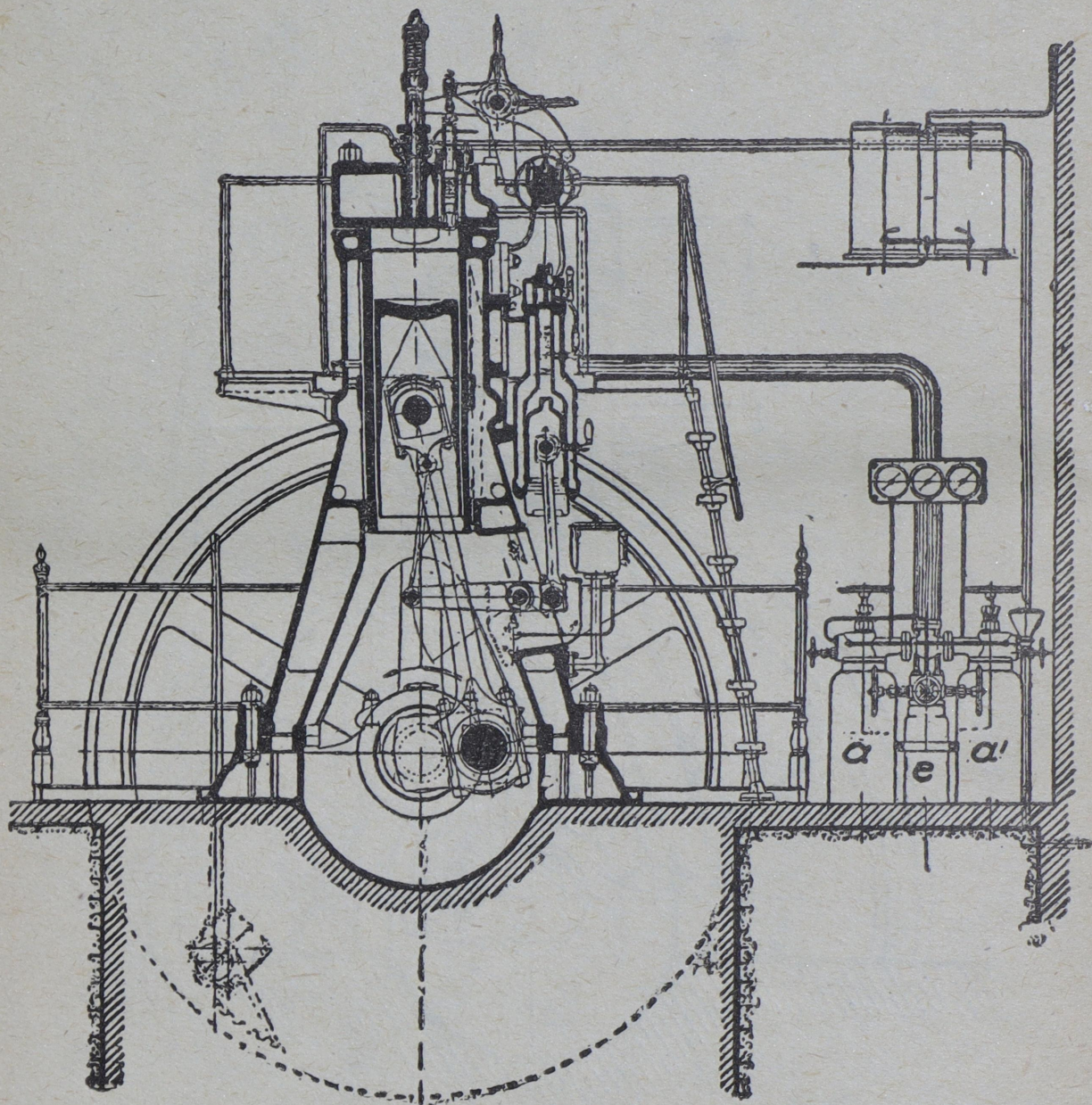
При машине имеются:

А. 3 резервуара (фиг. 713).

1-й для запасного сжатого воздуха давлением в 60—75 ат,
(этот резервуар на фиг. 713 обозначен через— a');

2-й для пускового воздуха давлением в 45—60 ат (a);

3-й (e) для снабжения воздухом, давлением в 50—70 ат, форсуночного клапана, переводящего горючее в цилиндр, где давление воздуха в конце второго периода доведено до 32—36 ат. Клапан этот открывается не доходя примерно $\frac{1}{2}\%$ хода поршня до



Фиг. 713.

верхнего мертвого положения во 2-м такте и закрывается при ходе поршня равном, приблизительно, 18% при начале 3-го рабочего периода.

В. 4 клапана.

Клапан 1-й — выпускной клапан. Клапан этот открывается уже за 8% хода поршня, от нижней мертвой

точки во время 3-го периода, и закрывается, примерно, на 2% хода поршня в первом периоде от верхней мертвой точки; таким образом газы могут свободно удалиться, действуя на поршень в его верхней мертвой точке с незначительным давлением.

Клапан II-й — топливный или форсуночный — служит для впуска распыленного топлива в горячую среду под конец сжатия.

Клапан этот открывается на $1\frac{1}{2}\%$ хода до верхнего мертвого положения во втором такте и закрывается при ходе поршня = 18% от начала 3-го рабочего хода.

Клапан III-й — всасывающий — служит для впуска чистого воздуха в период всасывания.

Открывается в четвертом периоде, примерно на 4% длины хода, до достижения поршнем верхней мертвой точки и закрывается во втором периоде по прошествии 6% длины хода поршня от нижней мертвой точки.

Клапан IV — пусковой — служит для впуска в цилиндр двигателя сжатого воздуха (или жидкой угольной кислоты) из пускового резервуара при пуске машины в ход.

С. 4 двухплечих рычага. Из них три действуют при работе машины с горючим, а один — только при пуске машины в ход. С одной стороны эти рычаги соединяются со шпинделями клапанов, а с другой, при помощи катящихся роликов, с кулачными шайбами, насаженными на распределительный вал и скользящими по нему.

Д. 4 кулачных шайбы (кулана). Насаженные на распределительный вал, кулачные шайбы принужденно действуют на рычаги клапанов и тем самым управляют их действием для своевременной функции данного клапана.

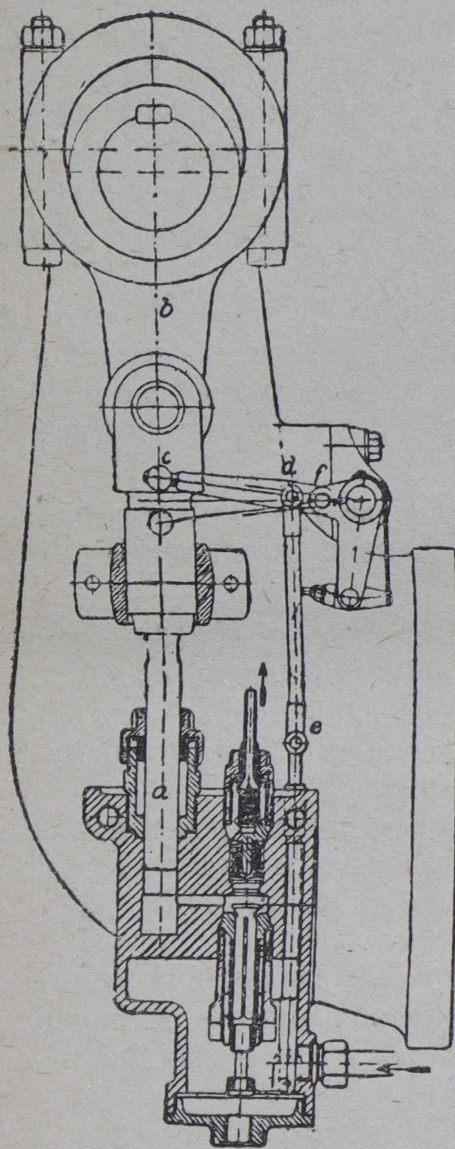
Е. Воздушный насос (компрессор). Основное назначение компрессора в двигателе Дизеля — сжимать воздух до необходимого давления и питать им форсуночный клапан; кроме того, сжатым воздухом пользуются для пуска двигателя в ход.

В конструктивном отношении компрессоры двигателей Дизеля бывают довольно различны, на чем подробнее мы остановимся дальше, в главе IV, в связи с установкой их. Здесь же пока отметим, что компрессорная установка — необходимая принадлежность двигателя Дизеля всякой мощности, за исключением так называемых безкомпрессорных двигателей, распыливание топлива для которых совершается механическим путем.

При всякой компрессорной установке имеется один или несколько (в дизелях) воздухохранилищ - резервуаров, в которые накачивается сжатый воздух, там хранится и оттуда распределяется к двигателю.

Ф. Топливный насос. Назначение топливного насоса подавать в определенные моменты нужное количество топлива в форсунку или форсунки.

В конструкции, приведенной на фиг. 714, поршень *a* насоса приводится в движение эксцентриком *b*, сидящим на распределительном валу. Вместе с этим штанга хомута этого же эксцентрика передвигает рычаг *cdf*. Всасывающий клапан приподнимается снизу рычагом *de* и



Фиг. 714.

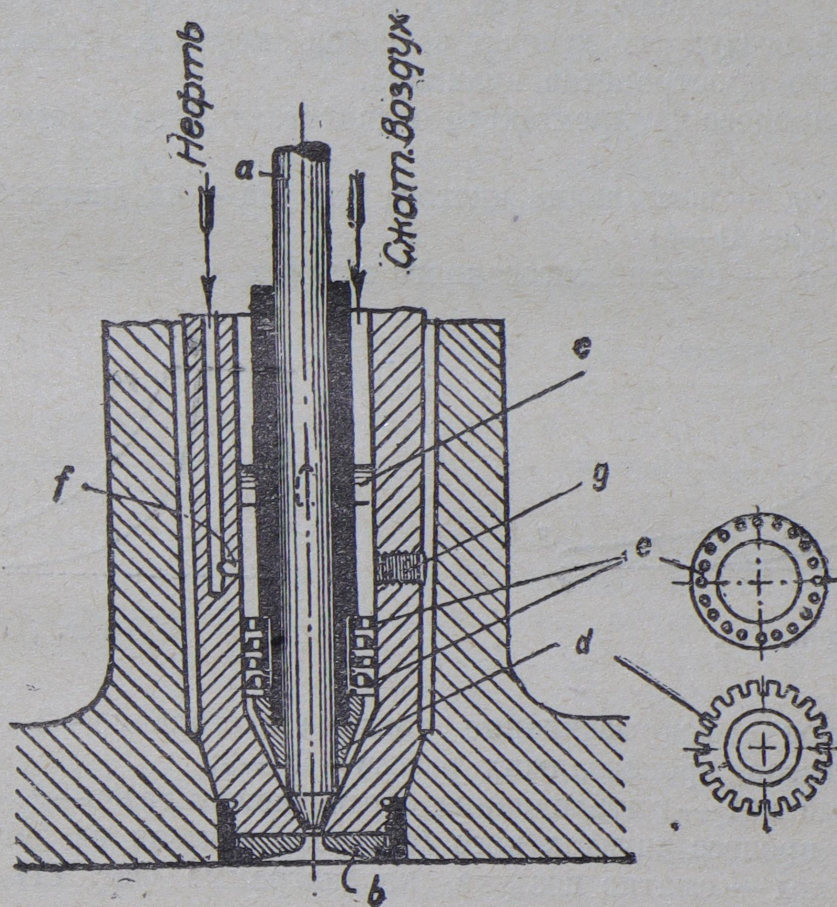
остается в этом положении на протяжении большей или меньшей части нагнетательного хода, причем, в зависимости от степени нагрузки машины, некоторая, большая или меньшая, часть всосанного жидкого топлива при нагнетательном ходе выливается обратно под всасывающий клапан, чем и достигается регулирование подачи топлива, а следовательно и хода машины. Конец *f* рычага *cdf* шарнирно соединен с рычагом регуляторного вала; при самом низком положении регулятора всасывающий клапан закрывается уже в самом начале нагнетательного хода, и, таким образом, насос подает максимальное количество топлива. Напротив, чем выше будет стоять регулятор, т.-е. чем меньше нагрузка и быстрее ход двигателя, тем позднее происходит закрытие всасывающего клапана и тем большее количество топлива успеет вытечь обратно во время нагнетательного хода и, следовательно, тем меньшее его количество будет пропущено в форсунку двигателя.

Нагнетательный клапан насоса состоит из комбинации двух самодействующих конических клапанов, расположенных один над другим.

Все рабочие клапаны цилиндра двигателя не представляют особого интереса и мы на них останавливаться не будем, за исключением форсуночного клапана, к конструкции которого придется присмотреться подробнее.

Конструкция форсунки зависит от рода топлива. Примерной конструкцией, даже типовой, может служить форсунка, применяемая для нефти, воспламеняющейся в сильно накаливаемой среде. Форсуночный клапан состоит из цилиндрической части, сидящей в цилиндрической крышке, и притянутой к последней фланцем, в которой имеется сквозной канал, заканчивающийся внизу коническим отверстием; на нижний конец корпуса форсунки навинчивается пластинчатое сопло; в сквозном канале движется игла, нижний конус которой закрывает над соплом отверстие для прохождения горючего; игла при каждой подаче топлива принужденно действует от углового рычага; между корпусом и иглою имеется

несколько распыливающих топливо пластинок, заполняющих собою кольцеобразный промежуток между корпусом и иглою. Пластины эти имеют мелкие отверстия, расположенные по окружности, смещенные в радиальном направлении одно относительно другого (одна пластинка относительно другой); к нижней пластинке примыкает конус с продольными отверстиями. Особые каналы, просверленные в корпусе форсунки, позволяют подавать к распыливающим пластинкам топливо и сжатый воздух, причем предназначаемая для каждого рабочего хода порция топлива подается насосом на верхнюю пластинку распылителя, находяще-



Фиг. 715.

гося постоянно под давлением распыливающего воздуха. Подающий топливо насос связан с регулятором двигателя и принужденно от него действует, доставляя то или иное количество топлива, в зависимости от нагрузки и числа оборотов машины; как только игла поднимается, топливо в мелко распыленном виде взбрызгивается в цилиндр двигателя, а по окончании процесса подачи — игла садится на место под действием пружины.

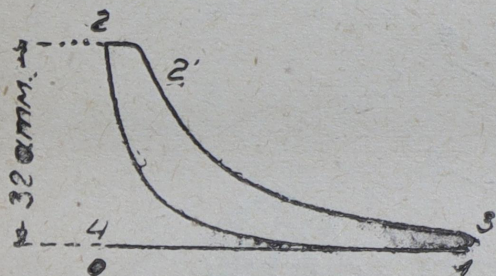
Различают форсунки с открытым и закрытым соплами, т.-е. отверстиями, сообщающимися с рабочим пространством цилиндра двигателя. Последний тип более часто встречается, причем форма распылителей бывает различна.

На фиг. 715 изображена форсунка с закрытым соплом, имеющая иглу a , запирающую отверстие распылителя b ; через c обозначена внутренняя цилиндрическая полость форсунки, в которой на опорах сидит направляющая для иглы втулка, нижний конец которой снабжен навинчивающимся конусом d ; выше конуса надето несколько колец-пластинок e , назначение которых, как уже говорилось, распыливать топливо на мелкие частицы. Подаваемая насосом нефть сначала проходит по вертикальному каналу, а затем—по горизонтальному короткому f . Поданная нефть скопляется сверху верхней пластинки e и заполняет отверстия пластинок и каналы конуса d до тех пор, пока не поднимается игла и сжатый воздух не увлечет за собой нефть в распыленном виде внутрь рабочего пространства цилиндра.

Рабочий процесс четырехтактного двигателя Дизеля представлен на фиг. 716.

Первый ход — всасывание чистого воздуха — на диаграмме фиг. 716 отмеченный через $0-1$;

Второй ход — сжатие засосанного воздуха — $1-2$;



Фиг. 716.



Фиг. 717.

Третий ход — впрыскивание топлива и сгорание— $2-2'$, а также расширение газов, производящих работу— $2'-3$;

Четвертый ход — выталкивание отработавших газов— $3-4$.

Рабочий процесс двухтактного двигателя показан на фиг. 717.

Первый ход — сжатие воздуха, на диаграмме фиг. 717 отмеченный через $0-1$.

Второй ход — впрыскивание и сгорание топлива— $1-1'$; расширение газов— $1'-2$; выталкивание отработавших газов— $2-3$; продувание цилиндра от остатков газов и наполнение его свежим воздухом— $3-4$.

В двухтактных двигателях выхлопной клапан заменен особыми прорезами (окнами) в цилиндре двигателя, которые прикрываются поршнем и открываются им только к концу Второго хода, когда и происходит выталкивание отработавших газов. Наполнение цилиндра свежим воздухом производится при помощи отдельного воздушного насоса, который является необходимой принадлежностью двухтактной машины. В остальном работа четырех и двухтактных двигателей ничем не отличаются друг от друга.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Установка тяжелых частей двигателей ¹⁾.

Общие указания. — Подготовительные работы. — Установка мелких двигателей. — Установка рамы, плиты и внешнего подшипника. — Установка коренного вала, маховика и станины.

Общие указания.

В описании установки мы коснемся лишь характерных особенностей, имеющих место при монтаже двигателей внутреннего сгорания. В основном приемы монтажа остаются те же, что и при монтаже паровых машин, подробно изложенные в томе I, каковые приемы и надлежит применять в общих случаях.

При установке двигателей внутреннего сгорания нужно иметь в виду, что последние при работе не столь безвредны, как паровые двигатели, так как отработавшие газы, насыщая собою воздух окружающей среды, даже в незначительном количестве, вредно действуют на организм человека, животных и растительную природу. Кроме того, работа двигателей внутреннего сгорания вызывает шум, дым, копоть и запах отработавших газов, что не всегда бывает допустимо по местным условиям. Поэтому очень важно выбрать место для стационарной установки так, чтобы все эти факторы были по возможности мало ощутимы не только для себя лично, но и для ближайших соседей.

Мерами для парализования всех этих неприятных явлений могут служить: установка высоких выводящих труб, во всяком случае превышающих крыши соседних зданий и вершины растущих поблизости деревьев; устройство нескольких глушителей надлежащего объема с применением в них особых решеток, поглощающих шум; хорошо поставленный уход за двигателем.

Немаловажным фактором служит и возможность получения поблизости хорошей (без примесей) и в достаточном количестве воды, необходимой для охлаждения двигателя. Недостаток или значительная загрязненность воды могут самым отрицательным образом отразиться на эксплуатации машины.

¹⁾ Главы, относящиеся к установке двигателей, в основном разработаны по материалам книги Б. В. Кузнецова „Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания“ ч. I и II.

Подготовительные работы.

Помещение для двигателя более или менее значительной мощности должно быть по возможности выбрано так, чтобы оно отвечало условиям целесообразности, а именно:

1. Помещение должно быть изолировано от рабочих корпусов, причем желательна специальная постройка отдельного помещения, при которой вообще удобнее планировать и придать двигателю наиболее выгодное положение относительно машин—механизмов.

2. Возможность правильного ухода требует прежде всего свободного доступа к двигателю со всех сторон; маховик или шкив ни в коем случае не должен почти примыкать к стене; машина должна быть видна в целом на некотором от нее расстоянии с любой точки помещения.

3. Высота здания должна легко допускать монтаж и ремонт по подъему крышек, поршней, шатунов и т. п.

4. Помещение должно быть светлым, чистым, сухим и отапливаемым.

5. Должно допускать транспортирование больших тяжестей в оба конца на случай ремонта и смены частей в будущем.

6. Ни в коем случае помещение для двигателя не должно непосредственно примыкать, а тем более быть общим со складами или производственными отделениями с легко воспламеняющимися фабрикатами.

Разметка центровых линий и кладка фундамента ведется по общим правилам, изложенным в томе I.

Очень желательно возводить фундамент на бутовой плите, пробковой пластине и бетонном основании даже при наличии хороших грунтов, что в особенности важно для горизонтальных машин, быстрее и легче расшатывающих фундаменты.

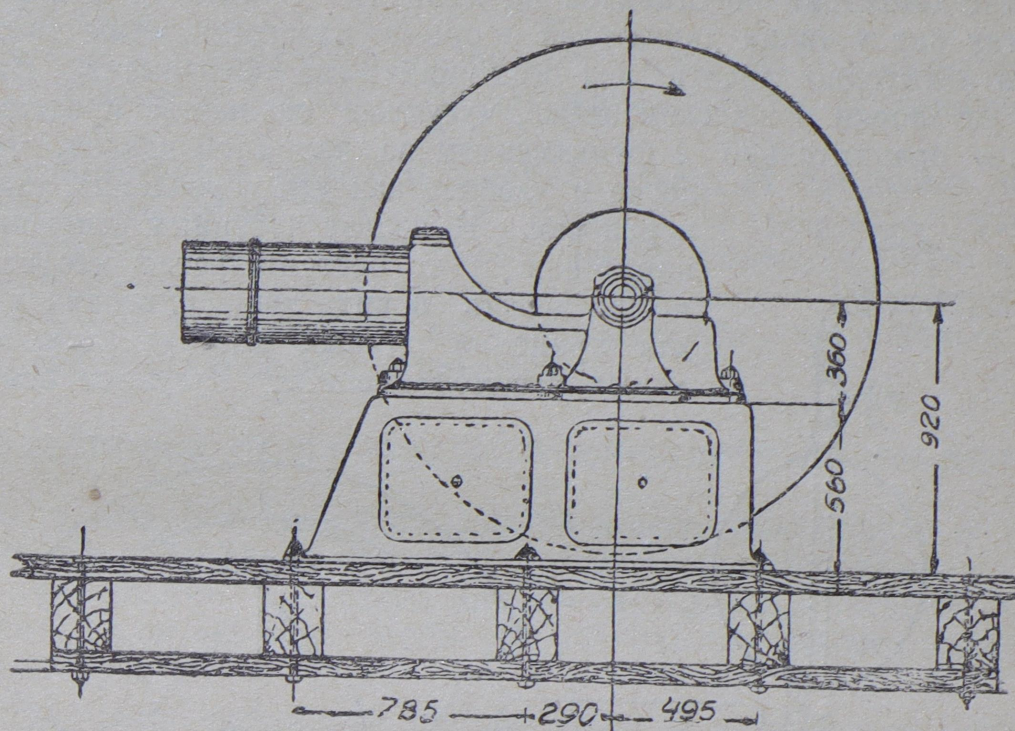
На заводских чертежах обычно не указывается глубина заложения фундамента, каковая зависит от местных свойств грунта. Фундамент должен опираться на материковое основание и во всяком случае подошва фундамента должна залегать ниже уровня промерзания грунта.

Ни в коем случае нельзя соединять фундаментную кладку с соседними стенами, равно как и ставить внешний подшипник в кладку стены. Фундамент для внешнего подшипника в своей нижней части должен образовать одно целое с основным массивом, а не быть сложенным отдельно от него.

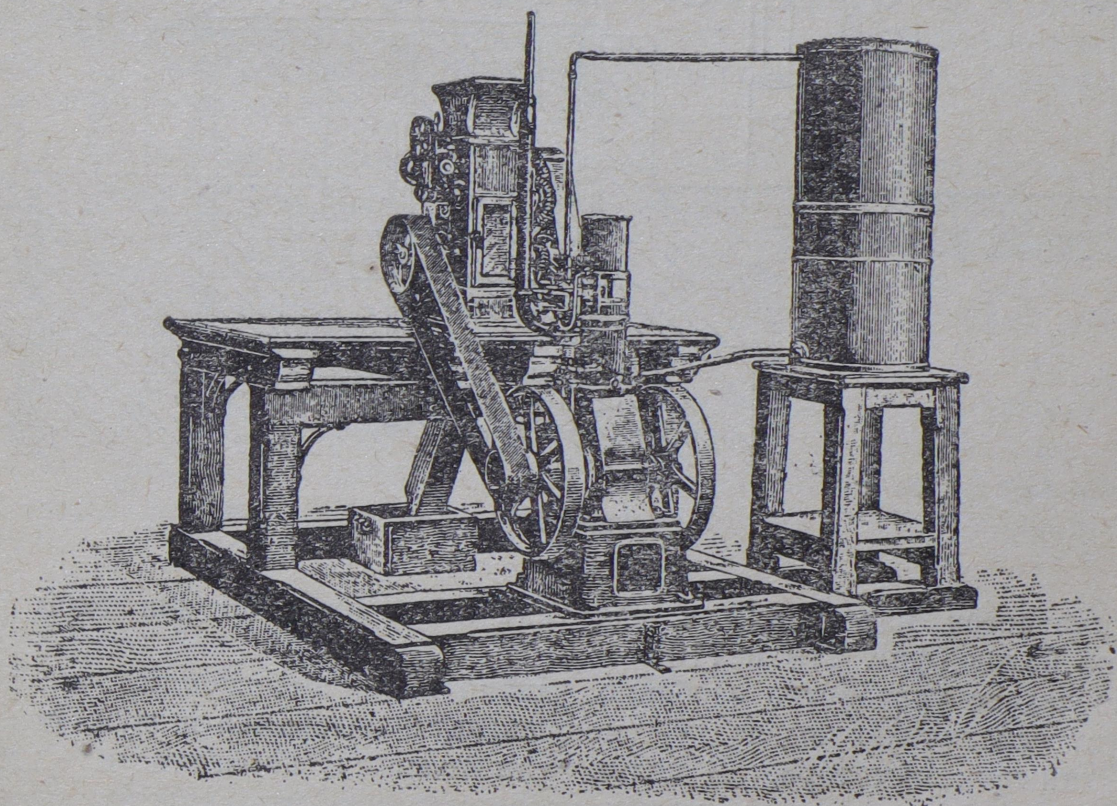
Установка мелких двигателей.

Небольшие двигатели малого веса, приблизительно до 8—10 л. с., если они должны быть помещены в верхних этажах фабричных или жилых помещений, можно укрепить непосредственно на потолочных балках при помощи болтов, пропущенных сквозь балки и половой настил, причем ставить двигатели нужно по возможности ближе к опорным стенам. В этих случаях необходимо тщательно исследовать прочность балок и настила. Если бы оказалось, что их состояние не внушает доверия, то путем проложения добавочных балок в месте установки, уси-

ления их профилей и поперечным скреплением их между собою можно достигнуть того, что явится возможность поставить двигатель.



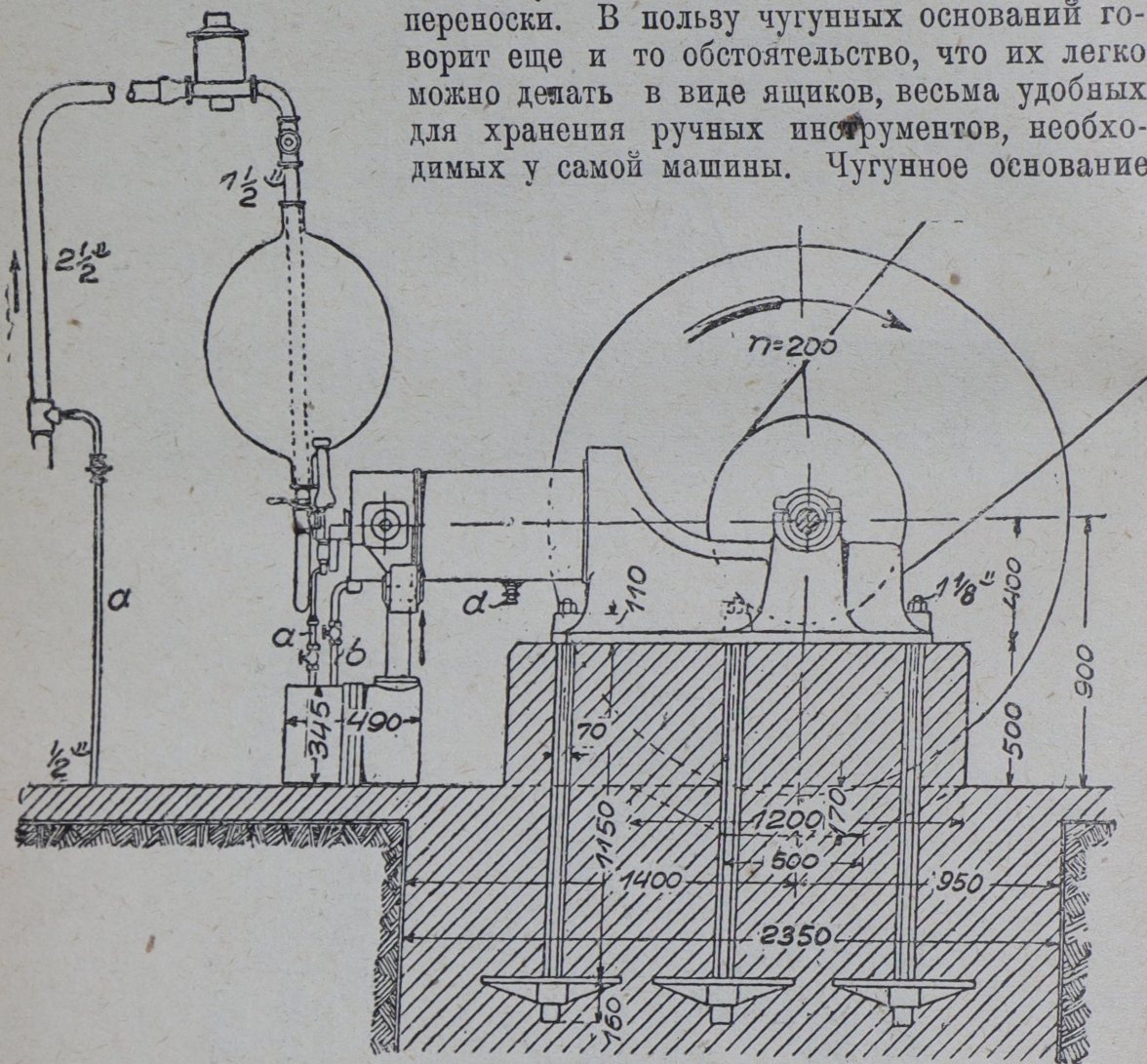
Фиг. 718.



Фиг. 719.

На фиг. 718 показан способ укрепления небольшого горизонтального двигателя к балкам и половому настилу промежуточного этажа.

Мелкие двигатели не ставятся на каменный фундамент и в нижних этажах, так как у таких двигателей опорные плоскости рамы настолько малы, что невыгодно делать под них каменный фундамент. При этом, в случае установки в верхнем этаже, чугунные основания представляют то удобство сравнительно с фундаментом из каменной кладки, что они легче и удобнее как для укрепления, так и для переноски. В пользу чугунных оснований говорит еще и то обстоятельство, что их легко можно делать в виде ящиков, весьма удобных для хранения ручных инструментов, необходимых у самой машины. Чугунное основание



Фиг. 720.

привинчивается или прямо к полу или к проложенной для этой цели раме из балок (фиг. 718 и 719).

Последнее устройство особенно удобно в том отношении, что рама образует эластичную подкладку, уменьшающую колебания и шум, связанные с движением мотора. В целях уничтожения передачи в нижние этажи шума, пространства между перекрытиями заполняются песком, пробковой плитой, корьем, золой, войлоком и т. п.

Если двигатель невелик, но все-таки требует фундаментной кладки в последней должны быть проделаны отверстия для пропуска фундаментных болтов; болты в этом случае делаются заершенными и заливаются цементом (или свинцом).

На фиг. 720 представлен небольшой двигатель на каменном фундаменте с указанием посадки фундаментных болтов и анкерных плит к нему.

Сравнительно с чугунным цоколем каменный фундамент имеет тот недостаток, что он всегда выходит значительно большим, так как первый отливается точно по величине рамы двигателя, в то время как каменный фундамент должен иметь припуски во все стороны по основанию двигателя, что не всегда возможно допустить по местным условиям при установках небольших двигателей.

Установка рамы, плиты и внешнего подшипника.

После того, как фундамент вполне высох, приступают к втаскиванию на него рамы или фундаментной плиты и устанавливают ее на заранее подготовленные деревянные подставки (клинья) высотой приблизительно в 5—8 см для того, чтобы удобнее было произвести заливку рамы цементным раствором.

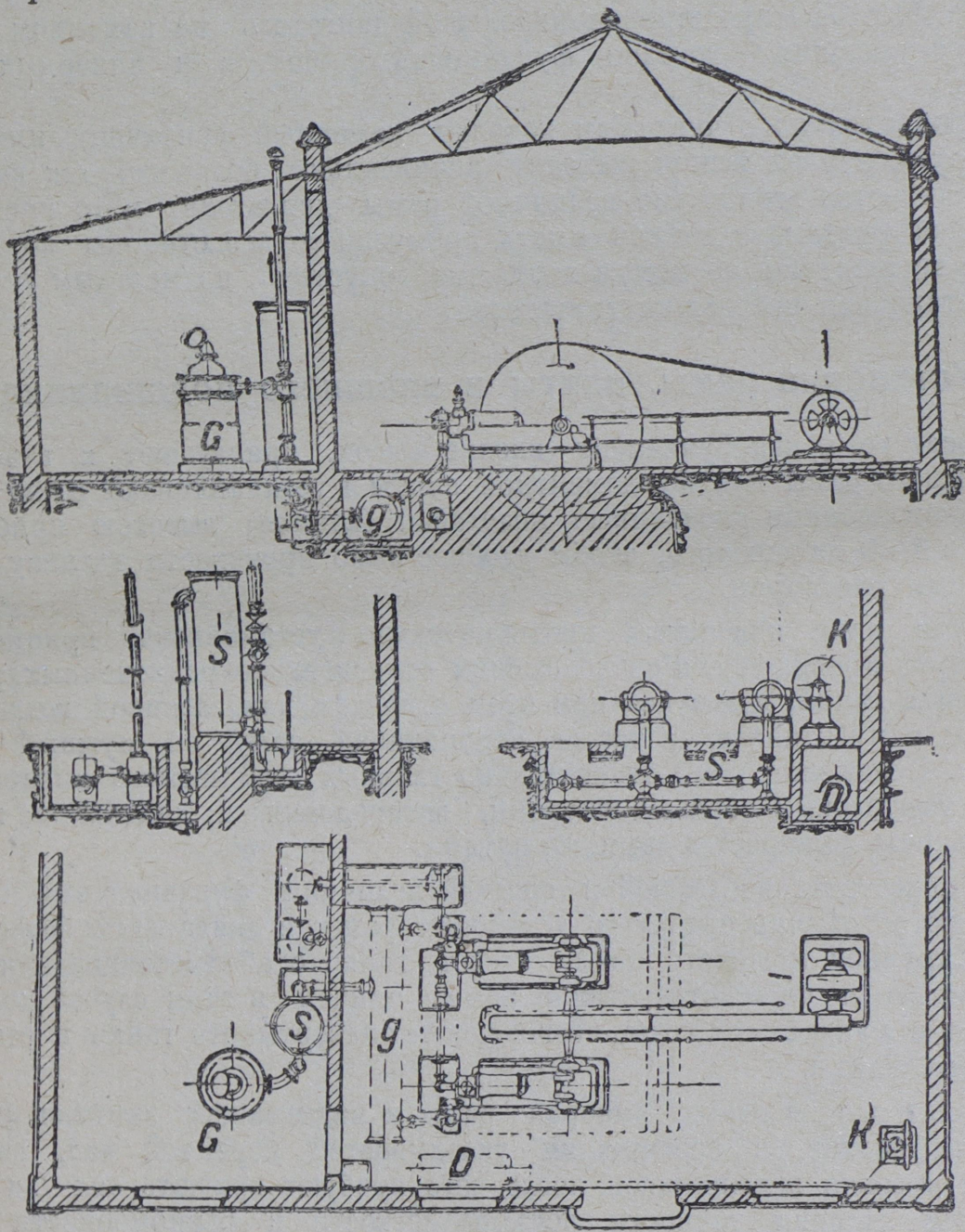
Когда рама или плита предварительно установлена, приступают к проверке правильности ее положения относительно размеченных ранее центровых линий, пользуясь при этом отпуском или загонкой подложенных под раму клиньев, а также поворачивая раму на нужный угол ломом. Положение рамы относительно главных осей машины выверяется самым тщательным образом шнурами, ватерпасами и линейками; горизонтальность выверяется теми же путями.

В двигателях небольшой и средней величины фундаментные болты вставляются обычно сверху до установки рамы; в двигателях более или менее крупной мощности болты имеют гайки с обоих концов и могут вставляться и через отверстия в раме, причем в этом случае должны иметься в фундаменте ходы, позволяющие наворачивать гайки и ставить анкерные плиты.

После окончательной выверки рамы и надлежащей затяжки фундаментных болтов, в подшипники укладывается коренной вал, затягиваются крышки подшипников, после чего пробуют вращать вал для установления степени точности посадки, легкости и равномерности вращения.

Установка рамы или плиты ведется по относительно свободному положению внешнего подшипника, но не по заранее установленному. При окончательной проверке рамы подшипник лишь проверяется и пригоняется на более или менее правильное положение относительно геометрической оси вала, но не абсолютно точное. Это последнее положение придается подшипнику впоследствии, когда состояние заливки рамы позволит приступить к окончательному монтажу вала.

В целях избежания возможной осадки плиты или рамы на фундаменте под действием значительной последующей нагрузки на нее тяжелых частей, как-то: вала, станины и т. п., нужно до заливки уложить на плиту коренной вал и оставить его на ней на все время, пока не отвер-



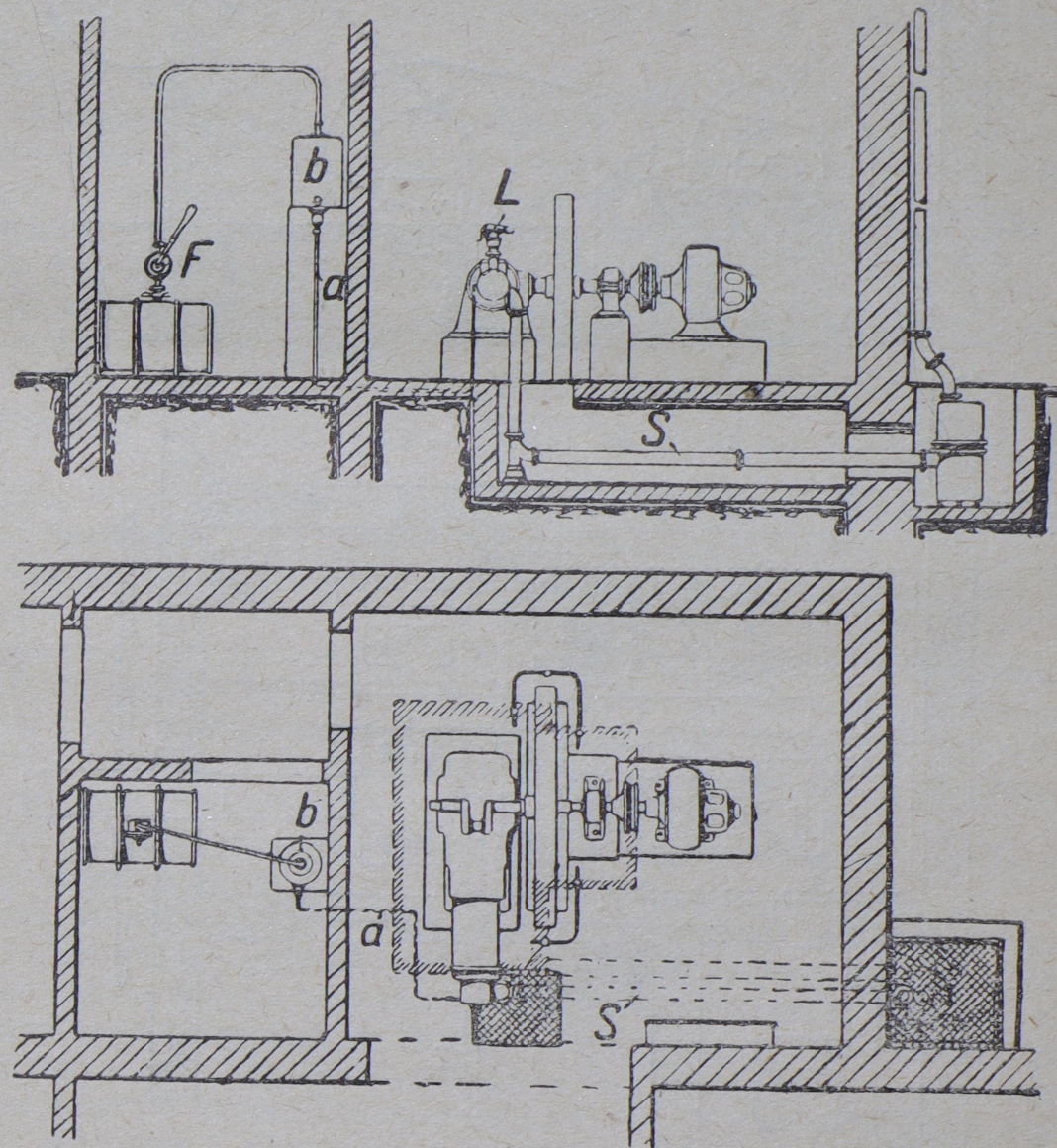
Фиг. 721.

деет цемент, предохранив при этом вал от случайного удара тряпками и концами.

После окончательной выверки рамы фундаментные болты, накрепко затянутые, заливаются цементным раствором, причем заливка колодцев фундаментных болтов производится примерно около одной трети, а остальная часть засыпается песком. Это делается для того, чтобы сохра-

нить эластичность болтов. Вслед за заливкой болтов, заливается рама, после чего раствор оставляется сохнуть в течение более или менее продолжительного времени.

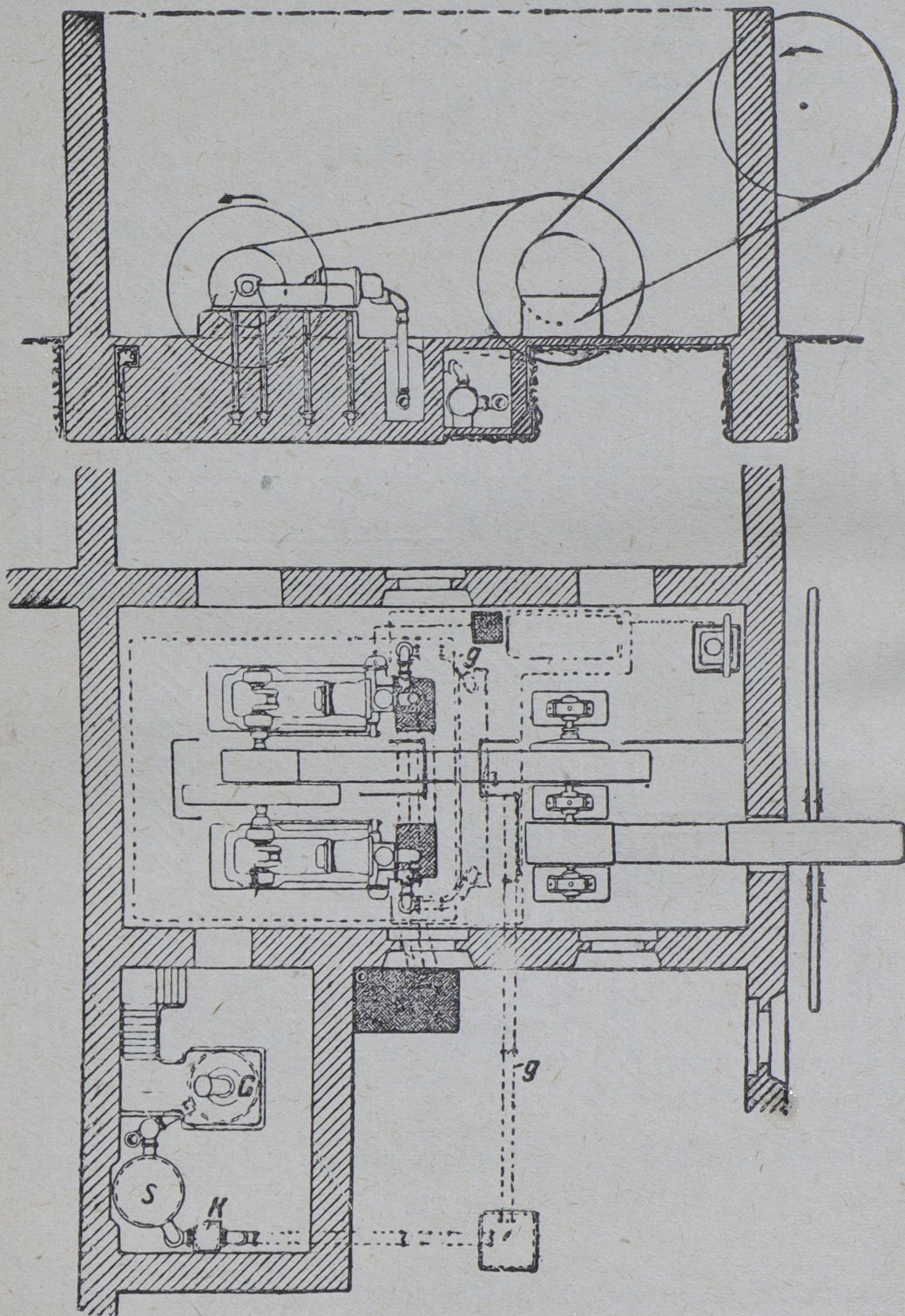
Заливочные ограждения из деревянной обшивки или глины можно снять спустя двое суток после заливки и тогда же весь фундамент окончательно заштукатурить.



Фиг. 722.

На фиг. 721 показана установка двухцилиндрового газового двигателя небольшой или средней мощности. Как видно из чертежа, здесь мы имеем дело с самостоятельным машинным помещением, причем газогенераторная часть установки выделена в суб-помещение. Двигатель приводит в движение динамо-машину, монтированную в том же помещении, посредством ременной передачи.

Здесь через *G* обозначен газогенератор; через *S*—скруббер; через *g*—сухой газоочиститель и трубопроводы; *s*—трубопровод отработавших газов.



Фиг. 723.

ших газов; через *k*—компрессор для получения сжатого всасываемого воздуха; *D*—баллон сжатого воздуха.

На фиг. 722 представлена схема установки небольшого нефтяного или керосинового двигателя, непосредственно соединенного с динамо-машиной. Как видно из чертежа, место хранилища и распределения топлива выделено в отдельное помещение.

На фигуре через *a* обозначена труба, подающая из фильтра топливо к машине; через *b*—фильтрующий сосуд и в то же время—расходный бак; *P*—насос Альвейлера, качающий от руки топливо из цистерны в фильтр; *S*—трубопровод для отработавших газов между машиной и глушителем.

На фиг. 723 изображена установка небольшого двухцилиндрового газового двигателя с ременной передачей движения на трансмиссионный вал, смонтированный вне машинного помещения; одновременно двигатель приводит в движение и динамо-машину, расположенную в машинном помещении.

На фигуре через *G* обозначен газогенератор; через *S*—скруббер; через *k*—сухой очиститель; *g*—трубопровод для подачи газа к машине; *s*—трубопровод к глушителю.

Установка коренного вала, маховика и станины.

После того, как заливка рамы или плиты вполне затвердела, коренной вал вынимается из рамы и приступают к аккуратному пришабриванию вкладышей к валу, в чем, собственно, и заключается монтаж коренного вала.

Правильное положение вала предполагает наличие следующих трех условий: 1) чтобы вал лежал в своих опорах совершенно горизонтально; 2) чтобы вал опирался на все подшипники совершенно равномерно, без малейшего провиса в каком-нибудь подшипнике; 3) чтобы вращение его в подшипниках происходило легко и плавно, без заеданий.

Ведя работу пришабривания, необходимо наблюдать, чтобы вкладыши охватывали поверхность вала приблизительно лишь на $\frac{1}{3}$.

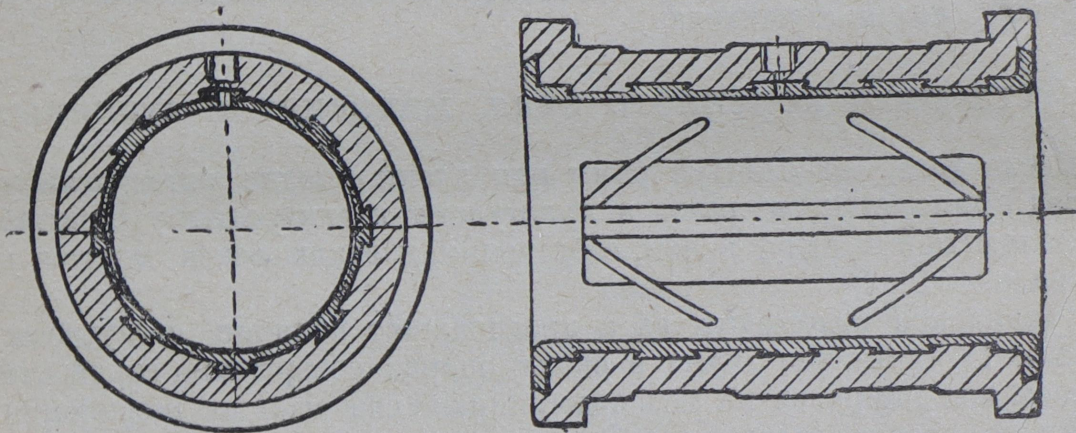
Если канавки для циркуляции масла во вкладышах еще не прорублены, то им можно придать довольно разнообразную форму. На этот счет нет какого-нибудь определенного установившегося мнения, и каждый завод делает канавки по своему. Примером может служить форма, приведенная в томе I на фиг. 144—147, а также изображенная на фиг. 724.

При укладке коренного вала следует иметь в виду, что вал в работе должен получить возможность расширяться и удлиняться вследствие нагрева при продолжительной работе. Вал может иметь направление только в крайнем подшипнике, причем остальная его часть нигде не должна касаться боковых стенок подшипников, т.-е. все остальные подшипники должны иметь так называемый разбег. Осуществляется направление вала в более или менее крупных двигателях в крайнем подшипнике распределительной шестерней, сидящей у подшипника на валу и касающейся его.

При сборке необходимо обратить внимание на состояние соединительных муфт составных валов, а также на опоры в этих местах, наблю-

дая за отсутствием перекосов. Если бы таковой перекоп имел место, то исправление производится шабрением и опиливанием стыков.

При работах с валом приходится неоднократно поднимать и опускать вал на машину при помощи крана или тали. Эти операции чрезвычайно ответственны и требуют большой осторожности, дабы не посадить вал на шпильки фундаментной плиты, или не обмять края коренных вкладышей, или не повредить шестерни. Вал на весу должен лежать строго горизонтально, без перекоса на одну сторону, в особенности в момент опускания или подъема, так как перекоп может вызвать заклинение во вкладышах. Коренные валы изготавливаются из сравнительно нетвердой стали и потому даже легкое задевание валом за те или другие части двигателя оставляет на материале вала крупные вмятины. Вал стоит очень дорого, в особенности от многоцилиндровых машин, и поэтому обращаться с ним следует очень бережно, тщательно охраняя его от случайностей.



Фиг. 724.

По окончании всех работ с валом, его и коренные подшипники подвергают основательному мытью керосином, после чего вал смазывается маслом. Чтобы избежать загрязнений при дальнейших работах, нужно все отверстия, щели и зазоры на валу и в подшипниках тщательно забить промасленными тряпками, бумажными нитками или паклей, но так, чтобы впоследствии забивку легко можно было целиком вытащить из отверстий.

В небольших двигателях маховики применяются цельные; цельные маховики, так называемые глухие, применяются и в крупных многоцилиндровых вертикальных двигателях. В огромном же большинстве случаев в двигателях внутреннего сгорания применяются маховики свертные из двух половин с разъемом между спицами или по спицам; первый тип более распространен нежели второй. В многоцилиндровых машинах бывают и глухие, без спиц, маховики, свертные из двух половин.

Обычно половинки маховика сильно загрязняются и поэтому перед сборкой необходимо их тщательно вычистить, в особенности поверхности

соприкосновения и ступицу, и затем промыть керосином. Очистку нужно производить проволоочной щеткой.

Плоскости соприкосновения должны быть на заводе простроганы, а ступица — пригнана к валу „по краске“, так что на монтаже остается только правильно поставить и закрепить на валу обе половинки маховика по заводским меткам.

В целях удобства сборки нужно одну половину маховика уложить в яму фундамента еще до укладки вала.

Свертные маховики, связанные только болтами, встречаются в небольших машинах; уже более или менее значительная машина требует вполне надежного скрепления половинок маховика при помощи клиньев, болтов и колец, причем последние надеваются на втулку в горячем состоянии, иногда половинки стягиваются еще впущенными в обод накладками, тоже в горячем состоянии.

Прежде чем приступать к стягиванию половинок на валу, нужно проверить правильность прилегания маховика к валу и правильность посадки шпонок. Более или менее крупные маховики ставятся на две шпонки под углом в 90° между собою. Шпонки заводом должны быть занумерованы, так как случается, что размеры их неодинаковы, да и нужды в этой одинаковости нет никакой.

Приступая к стягиванию втулки маховика болтами нужно следить, чтобы пазы для шпонок на валу и во втулке точно совпадали и отсутствовал бы перекоп. Эта проверка производится при помощи угольника, а также лампы, поставленной напротив себя и освещающей просвет. Проверка маховика на правильность вращения в одной плоскости производится при помощи чертилки, устанавливаемой сбоку. Биение маховика обнаружится отходом обода в сторону от острия чертилки.

Если на втулку предполагается одеть кольца в горячем состоянии, то делается это до затягивания шпонки.

Шпонка или шпонки должны, главным образом, держать своими боковыми гранями, так как силы, стремящиеся свернуть маховик, развиваются только в этом направлении, что возможно, например, при преждевременной вспышке, когда маховику приходится силой своей инерции преодолевать очень большие противодействия.

Шпонка должна быть пригнана так, чтобы она самыми легкими ударами могла быть загоняема примерно до половины втулки, а последующее забивание требовало бы все больших и больших усилий, при чем окончательная загонка должна достигаться сильными ударами тяжелого молота, наносимыми не непосредственно по шпонке, а через упертый в шпонку торцом медный стержень.

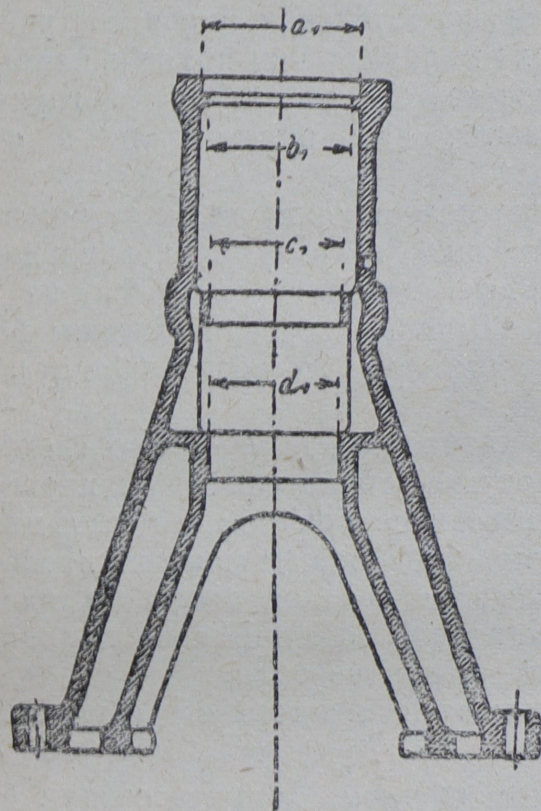
Нагревание стягивающей втулки кольца, равно как и накладок на обод маховика, должно производиться на древесном угле до синего цвета, после чего их быстро ставят на место.

Как известно, в горизонтальных машинах фундаментная плита и машинная рама отливаются в одном блоке и установка плиты есть одновременно и установка рамы. В вертикальных же конструкциях фунда-

ментная плита представляет собой отдельное образование от машинной рамы (станины) и потому установка этих деталей ведется порознь.

Интересоваться установкой рам горизонтальных машин мы не будем. В общем такая установка ничем не отличается от установки горизонтальных паровых машин, тогда как установка станин вертикальных двигателей имеет свои характерные особенности.

Типичной конструкцией станины стационарного двигателя является так называемая А-образная ее форма, представленная на фиг. 725, и совмещающая в себе внешний цилиндр (рубашку).



Фиг. 725.

Станина поднимается краном или на тросах в вертикальном положении и осторожно подается к месту работ на подставки. Для удобства захвата, между ногами станины закладывается надежное бревно, за которое и захватывают канатом, пропущенным сквозь цилиндр сверху; для придания станине строго вертикального положения, в верхнюю часть цилиндра закладываются круглые деревянные шпильки с отверстием посередине для пропуска каната, чем и достигается центрование.

Необходимое положение станины по отношению к фундаментной плите и коренному валу достигается соответствующей пригонкой на заводе во время пробной сборки и испытания двигателя; относительное положение соприкасающихся машинных частей фиксируется установкой так называемых призонных бол-

тов (шпилек), по которым и надлежит вести сборку на месте постоянной установки двигателя.

Перед подачей станины к месту установки, нужно тщательно очистить металлической щеткой и затем промыть керосином все поверхности, соприкасающиеся с фундаментной плитой, а также все отверстия на плите и станине, предназначенные для призонных болтов.

Будучи установлена на вспомогательные подставки или находясь на весу (при сравнительно небольших размерах), станина продвигается на плите в ту или другую сторону до тех пор, пока отверстия для призонных болтов между собою не совпадут. По совпадении отверстий в них вставляются, смазанные салом, болты. Призонные болты бывают всегда проточены и потому они должны входить в отверстия с надлежащей плотностью и точностью.

Когда станина поставлена на место, ее сболчивают с плитой, проверяя при этом правильность положения относительно других частей, посредством уровня, отвеса и плоского шаблона.

Главнейшими геометрическими требованиями, предъявляемыми к установке станины, являются следующие.

1. Ось цилиндровой втулки должна пересекать ось коренного вала, при чем желательно, чтобы она располагалась точно по середине соответствующего кривошипа.

2. Ось цилиндровой втулки должна лежать совершенно вертикально, при чем этого требования в особенности строго необходимо придерживаться в отношении крейцкопфной конструкции двигателя.

3. Ось цилиндровой втулки должна лежать строго перпендикулярно к оси коренного вала, что в особенности важно для бескрейцкопфной конструкции.

На практике достаточной степенью точности вертикального положения станины можно считать приблизительно $1/2^\circ$ углового отклонения.

Первая постановка станины на место покажет, насколько точно припилены ее лапы к плите и насколько выверена станина на вертикальность, пересечение осей и т. д. Если бы этого не оказалось, необходимо соответствующим припиливанием лап станины добиться нужного положения. При этом необходимо иметь в виду, что работы эти протекают очень тяжело и медленно, требуют большой осторожности из-за громоздкости детали и не меньшего терпения, весьма ответственны, почему поручать их следует только очень опытным рабочим под соответствующим наблюдением руководителя. Лучше всего, конечно, когда эти работы выполняет машиностроительный завод, чьей постройки данный двигатель.

Ни в каком случае не следует прибегать к подрубанию фундаментной плиты, если бы оказались недостатки в геометрических соотношениях частей, что к сожалению, иногда допускается и некоторыми заводами, так как подобное подрубание в конце концов может повести к большим неприятностям технического и экономического свойства, если, может быть, и не непосредственно после монтажа, то в периоде эксплуатации, например, при расточке или замене цилиндрических втулок, когда негоризонтальность фундаментной плиты неизбежно скажется.

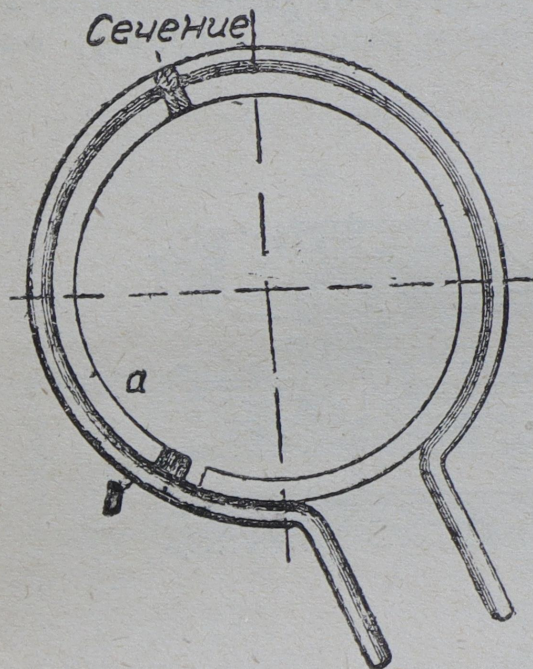
По окончании установки станины, переходят к сборке площадки (в вертикальных машинах) для обслуживания цилиндров и верхней части управления, а также к установке трапа к площадке.

толщиною, примерно, около 10 мм, как это показано на фиг. 728. Можно прибегать и к помощи веревки, сжимая ею кольцо перед проходом его в цилиндр, но этот способ менее удобен.

Заметим здесь, кстати, что обращаться с кольцами нужно осторожно из опасения поранить себе при работе руки острыми кромками.

Замки колец не должны располагаться на одной линии, а быть несколько смещенными один относительно другого по окружности.

Очень полезно до постановки колец на поршень проверить их по цилиндру и при надобности—припилить торцы. Делается это так. Вдвигают кольцо в цилиндр отдельно от поршня и установив его совершенно точно, пробуют специально изготовленным шаблоном—щупом, входит ли он надлежащим образом между торцами кольцевого прореза. Шаблон-щуп должен быть изготовлен точно по размеру данного зазора.



Фиг. 728.

Предусмотренное в некоторых поршнях съемное днище поршня следует снять, просмотреть плотность прилегания, вычистить и, если нужно, притереть.

В поршнях с водяным или масляным охлаждением необходимо проверить чистоту охлаждающей камеры, а также все подводящие и отводящие трубопроводы. При водяном охлаждении следует наблюдать за тем, чтобы не было никаких неплотностей в трубах и стыках, могущих вызвать просачивание и разбрызгивание воды в смазочное масло, от чего последнее имеет наклонность к омыливанию.

Работы с поршневым подшипником ограничиваются на первое время про-

стой проверкой точности прилегания пальца и соответствующей очисткой и мытьем. Подшипник должен быть еще на заводе пришабрен по краске, установлены необходимые зазоры и проверено положение шатунной головки.

Шатун и его монтаж.

Конструкция шатуна зависит от системы двигателя. В виду общезвестности шатунов, мы не приводим его общего вида.

Сборка шатуна сводится к правильному монтажу его головок и верному относительному положению к цилиндру и кривошипу, а в крейцкопфных конструкциях—к крейцкопфу и кривошипу. Общие требования исполнения могут быть сформулированы следующим образом:

1. Оси обеих головок шатуна должны быть между собою параллельны, равно как параллельны и к оси коренного вала.

2. Ось шатуна должна быть параллельна оси цилиндра и перпендикулярна к оси коренного вала.

3. Расстояние между осями шатунных головок должно иметь определенную, установленную заводом, величину (длина шатуна).

4. В крейцкопфных конструкциях шатун должен лежать на одной прямой с осями цилиндра, штока и крейцкопфа.

Считая, что шатун надлежащим образом выверен, а подшипники его точно пригнаны на заводе, приступаем к мытью всей детали и соединению ее с поршнем. Для этого ставим шатун вертикально и подаем к нему талью поршень, тоже в вертикальном положении, захватив его при помощи скобы (рыма) канатом.

Подтягивая и опуская канат, достигаем положения, при котором удобно вставить поршневой палец в отверстие, куда и загоняем последний. Мы приняли пока без проверки, что ось поршневого пальца с достаточной точностью перпендикулярна к оси поршня и что оси обоих подшипников шатуна с неменьшей точностью лежат в некоторой общей геометрической плоскости. Если первое условие имеет место, то палец должен входить более или менее легко под ударами свинцовой кувалды, а затем плоская сторона шатуна должна быть перпендикулярна к пальцу. Правильность положения шатуна относительно поршня может быть проверена несколькими способами, например: при помощи хорошего угольника, который должен ложиться одной стороной на палец, а другой—прилегать к шатуну; при помощи уровня, установив одну часть по нему по направлению цапфы и проверяя другую деталь на параллельность; посредством длинной линейки, которую нужно приложить к боковой поверхности поршня, после чего измерять расстояния до шатуна с каждой стороны; можно также прибегнуть к отвесу, прикрепив его к установленному строго вертикально поршню, после чего—измерять расстояние до шатуна.

Если бы этого не оказалось, нужно думать, что вкладыши подшипника пригнаны к пальцу неудовлетворительно, что нужно исправить соответствующим пришабриванием, однако это пришабривание следует производить несколько позднее, когда будет выверен кривошипный подшипник и вообще вся система поршень—шатун на машине.

Сочлененный с шатуном поршень в вертикальных двигателях загружается в цилиндр сверху, для чего необходимо иметь соответствующие подъемные приспособления, а также достаточную высоту машинного помещения. Поднятый талиями или краном шатун и поршень опускается с соблюдением всех предосторожностей в цилиндр, после чего собирается кривошипная головка шатуна.

Рабочая втулка цилиндра обычно прибывает на место монтажа уже будучи запрессована во внешний цилиндр, так что с нею никаких работ не производится за исключением обычной очистки от грязи, мытья и смазки.

Когда поршень и шатун установлены и нижняя головка достаточно сильно затянута на цапфе, при последовательных крайних верхнем и нижнем мертвых положениях кривошипа, наблюдают, несколько пра-

вильно располагается вся система в относительных друг к другу положениях.

Существует несколько способов проверки. Во-первых можно пользоваться набором щупов, состоящих из длинных, узких пластинок толщиной от 0,05 до 0,5 мм, которыми и прощупывается при различных положениях поршня зазор.

Во-вторых можно прощупать положение поршня относительно стенок цилиндра так называемой качкой, когда положение выясняется на ощупь (осязание) и по уровню. Этот способ состоит в следующем. Сначала нужно проверить уровень поршень с двух сторон, соответствующих отверстию для поршневого пальца, причем уровень должен быть квадратный с входящим двугранным углом; накладывается уровень на выступающую из цилиндра часть поршня. Допустим, что показания уровня говорят не в пользу вертикальности поршня. Тогда ставим поршень принужденно в вертикальное положение и даем ему толчки (качку) сначала в одном направлении, а затем, установив по уровню поршень снова вертикально, в другом, противоположном. В это время другой рабочий, на ощупь руки, положенной на тело поршня, должен заметить степень отклонения поршня в обоих противоположных направлениях. Если это отклонение — качка — одинаково для двух сторон, то, очевидно, поршень правильно стоит; если же этого нет, состояние поршня и шатуна неправильно и нужно соответствующим шабрением вкладышей добиться необходимой правильности.

Третьим способом проверки может служить прием на просвещение (на свечу или лампу), заключающийся в следующем. Ставят источник света внизу против зазора и наблюдают сверху, какой силы луч проходит через щель, несколько при этом передвигая источник света или передвигая голову наблюдателя и слегка передвигая поршень в сторону; затем свет переносят на другую сторону и проделывают те же манипуляции. При внимании и некоторой опытности глаз быстро улавливает разницу в прохождении луча и отсюда можно сделать вывод, имеет ли место косина в системе. Само собою разумеется, что этот способ предполагает отсутствие набивочных колец на поршне и отсутствие смазки.

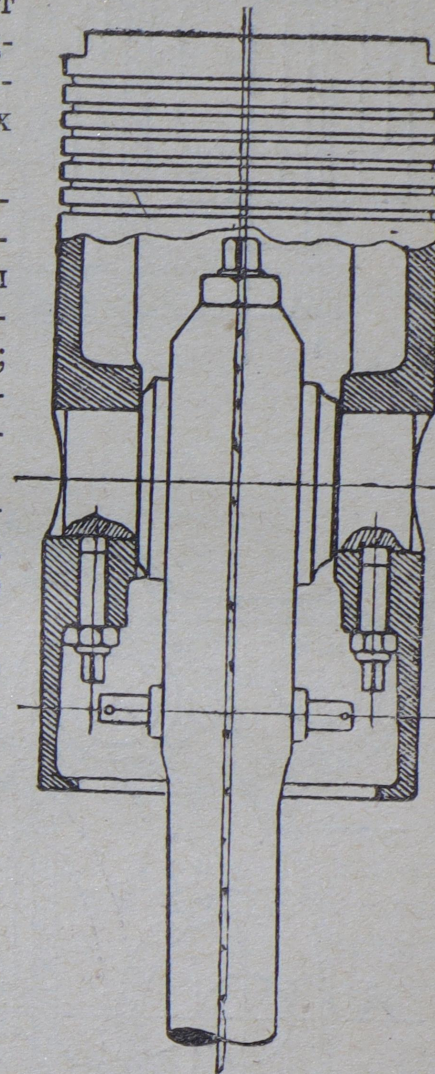
На фиг. 729 показано положение поршневой головки шатуна в теле поршня двигателя Дизеля. У шатунов всегда бывает размечена продольная плоскость симметрии, перпендикулярная к осям его головок, характерной линией в виде накерненных точек. Эта линия обладает большой степенью точности и может служить исходным пунктом при различных поисках и определениях относительного положения частей. На фиг. 729 мы видим две параллельные линии. Линия симметрии предполагается расположенной между ними (пунктир) на равном расстоянии в виде отдельных точек. Если бы оказалось затруднительным пригнать систему шатун—поршень совершенно точно относительно центра цилиндра, то в крайнем случае можно считать достаточным, если погрешность не выходит за пределы 1—2 мм на обе стороны, показанные на фиг. 729 сплошными линиями.

Если при проверке системы шатуна и поршня окажется, что зазор между поршнем и стенкой цилиндра при всех положениях кривошипа полностью выносится на одну сторону, а между тем поршень находится в вертикальном положении, то это служит показателем перекоса обоих шатунных подшипников, как нижнего, так и верхнего, причем оба они перекошены в противоположных направлениях.

В небольших двигателях зазор между поршневым пальцем и вкладышем шатунной головки принимается примерно в 0,1 мм, чтобы дать возможность пальцу свободно расширяться от нагрева во избежание заедания; в средних и крупных машинах этот зазор делают значительно большим, обычно по заводским указаниям.

При сборке всех отдельных частей системы, как-то: вкладышей, подшипников, болтов, гаек и т. п. нужно обращать на тщательную пригонку самое серьезное внимание, в особенности быстроходных дизелей, в которых очень трудно, даже невозможно, следить за частями, так как машина почти сразу приобретает постоянное, в некоторых случаях довольно высокое число оборотов.

Крейцкопфная конструкция двигателя в принципе ничем не отличается от таковой же конструкции паровых машин, причем эта конструкция в двигателях внутреннего сгорания стационарного типа встречается только в дизелях и газовых. Точно так же и сборка системы крейцкопфного механизма ничем существенным не отличается от таковой же сборки в паровых машинах, даже проходит значительно легче этой последней, почему мы и не будем уделять места крейцкопфной конструкции и отсылаем интересующихся к тому I.

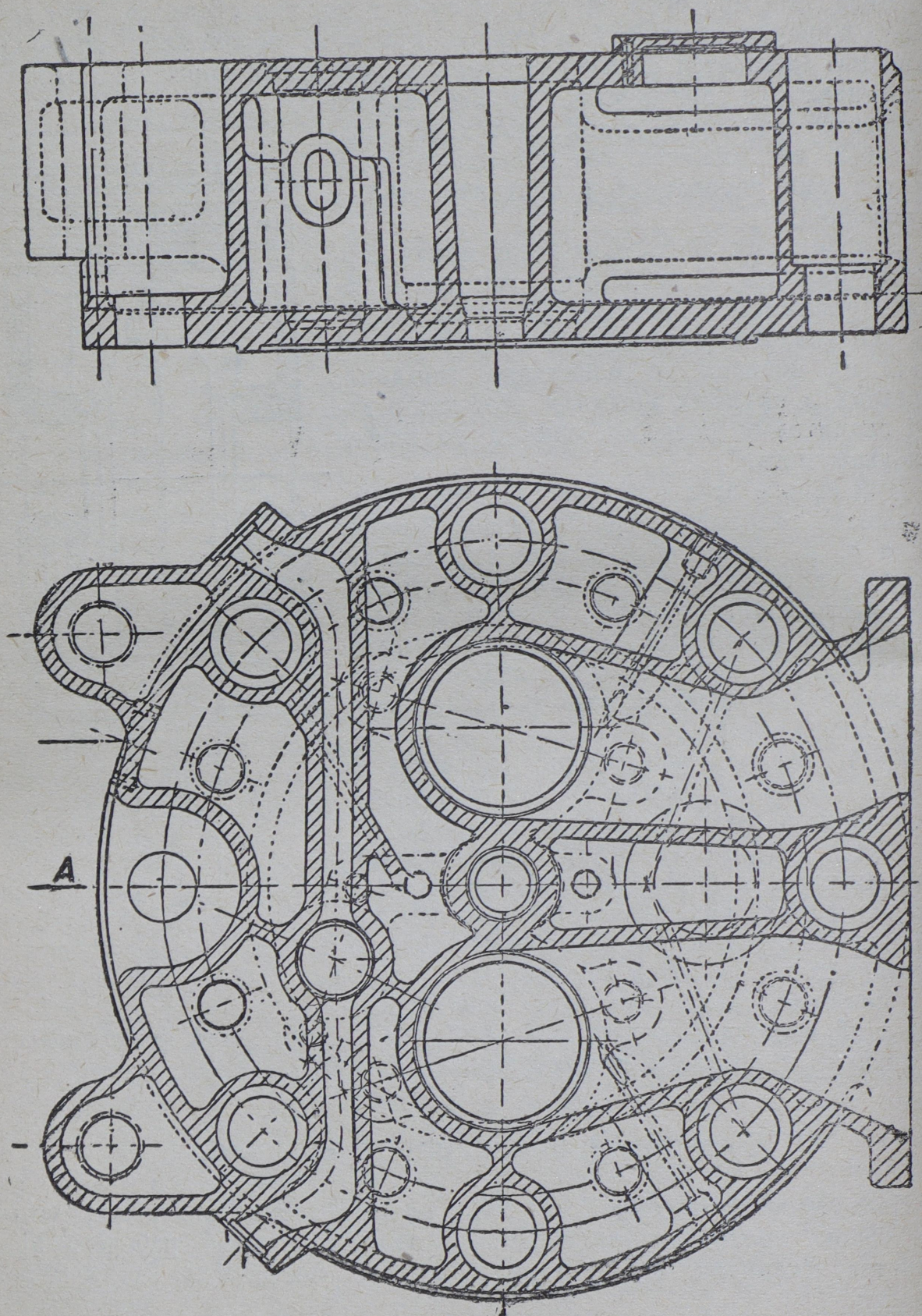


Фиг. 729.

Установка цилиндровой крышки.

Назначение цилиндровой крышки, иначе головки, во-первых, замыкать собою противоположную днищу поршня сторону рабочего пространства цилиндра, и, во-вторых, служить местом для размещения клапанов.

Цилиндровые крышки, в особенности в дизелях (фиг. 730), представляют собой весьма сложную отливку, имея в себе целую систему гнезд для размещения рабочих клапанов.



Фиг. 730.

Высокие температуры, развивающиеся в крышке, с одной стороны, от близости рабочей камеры цилиндра, а с другой — от выхлопных газов, проходящих через сидящий в ней выпускной клапан, заставляют прибегать к усиленному водяному охлаждению ее стенок, благодаря чему тело крышки делается полым для возможности свободной внутри циркуляции охлаждающей воды.

Некоторые конструкции двигателей предусматривают отливку цилиндрической крышки в одном блоке с цилиндром, а иногда и с рубашкой цилиндра, однако это встречается у нас сравнительно редко и, главным образом, в двигателях небольшой мощности.

Цилиндровые крышки поступают с завода обычно в разобранном виде. Однако, если крышка прибыла собранной, то ее все равно нужно разобрать, вынуть все части, тщательно очистить и вымыть в керосине. Клапаны доставляются пришлифованными и притертыми к своим гнездам, по крайней мере это должно быть так, но если бы оказалось по проверке, что притирка не достаточна, необходимо клапаны притереть к гнездам. В особенности в этом отношении приходится обращать большое внимание на форсуночный и пусковой клапаны, при недостаточно внимательной сборке которых может случиться, что при пробном пуске сжатый воздух выйдет наружу, вследствие чего в цилиндре двигателя не получится достаточно высокого сжатия и двигатель не удастся пустить в ход. То же самое может случиться и при недостаточно тщательном уплотнении мест стыка крышки и цилиндра, если крышку, как говорят, будет продувать. О прокладках будет сказано дальше.

Поднимается и подается на цилиндр вертикального двигателя крышка при помощи тали или крана (если она более или менее значительного веса), канат которого захватывает рым, заведенный в специально сделанные для этой цели гнезда. При отсутствии этих гнезд можно захватить канатом за скобки, поставленные на шпильки клапанов или боковые фланцевые отверстия.

К горизонтальному двигателю крышку можно подать тоже при помощи тали или на специальных козлах.

Крышка имеет ряд болтовых отверстий для крепления к фланцу цилиндра посредством шпилек; иногда через фланец проходят длинные болты, которыми и притягивают крышку к цилиндру двигателя или к рубашке его.

Затяжка гаек шпилек или болтов крышки производится возможно равномернее и всегда попарно, лежащих друг против друга, что гарантирует сопряжение от возможных перекосов.

Цилиндровые крышки монтируются на асбестовом или клингеритовом кольце, причем первые применяются для машин средних и крупных мощностей, а вторые — для небольших. В нефтяных применяют и асбестовый шнур, поставленный на сурик. В дизелях на плоскости фланца втулки имеется концентрическая выточка прямоугольного сечения, а в крышке — соответствующая кромка; асбестовое кольцо, или несколько колец, укладывается в выточку и затем прижимается выступом крышки, чем и достигается герметичность соединения. Асбестовые и клинге-

ритовые прокладки предохраняются от пригорания смазыванием их графитом

Конструктивные и тепловые условия клапанов заставляют прибегать к различным видам прокладок, не поддающихся быстрому разрушению от высокой температуры. Для постановки и уплотнения клапанов в качестве прокладок применяются медно-асбестовые кольца, клингерит, асбестовые кольца или шнур; для сальниковых уплотнений применяют набивку из асбестового шнура, „экспельсиора“ (прорезиненный асбест), металлических стружек и проч. Последнее имеет место у форсуночного клапана, когда обычная пеньковая сальниковая набивка заменяется уплотняющей стружкой из белого металла, и у пускового не редко применяется уплотнение чугунами или стальными самопружинящими набивочными кольцами. В тех случаях, когда места уплотнений не подвергаются нагреванию, пользуются обычными прокладками из кожи, пеньки, резины и т. п.

Охлаждение двигателя производится водой, циркулирующей внутри цилиндрической рубашки. Вода, поступающая в рубашку обтекает цилиндр и проходит в охлаждающую полость крышки. При отдельной крышке устраиваются особые проходы для воды из рубашки в крышку, причем способов соединения есть несколько: некоторые конструкции предусматривают особое колено из чугуна или бронзы; иногда полость рубашки соединяется с крышкой медной трубкой; прибегают также к устройству больших отверстий во фланцах рубашки и крышки для свободной циркуляции воды; наконец, встречаются двигатели, во фланце рубашки которых монтированы короткие патрубки, входящие в крышку. При одноблочной отливке цилиндра и крышки водяная рубашка у них общая, при которой промежуточного перехода не требуется.

Затягивание цилиндрической крышки производится со значительным, но не чрезмерным усилием, при помощи ключа с плечом, равным 1 м, на которое должно действовать усилие одного—двух человек. Несмотря на необходимость хорошей затяжки гаек, приходится при этом быть очень осторожным из опасения оторвать фланец втулки, который обычно не рассчитывается со значительным запасом прочности и поэтому нельзя прибегать к излишней силе и тем более к ударам молотом. Полезно обращать внимание на резьбу шпилек: при крупной механической резьбе, для надежности закрепления, нужно применять большее усилие, тогда как при мелкой машинной—меньшее. Окончательная затяжка достигается уже после первого пуска двигателя в ход, когда крышка, а с нею и шпильки, начнут нагреваться и расширяться; эта подтяжка необходима во избежание того, чтобы места стыка крышки и цилиндра не продували, в каком случае прокладка может быть вообще выдута.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Установка вспомогательных деталей и прокладка трубопроводов.

Монтаж компрессора и воздушных резервуаров.—Монтаж нефтяных фильтров и баков.—Монтаж глушителя и прокладка трубопровода для выхлопных газов.—Прокладка трубопроводов.—Монтаж смазочных аппаратов и трубопроводов.

Монтаж компрессора и воздушных резервуаров.

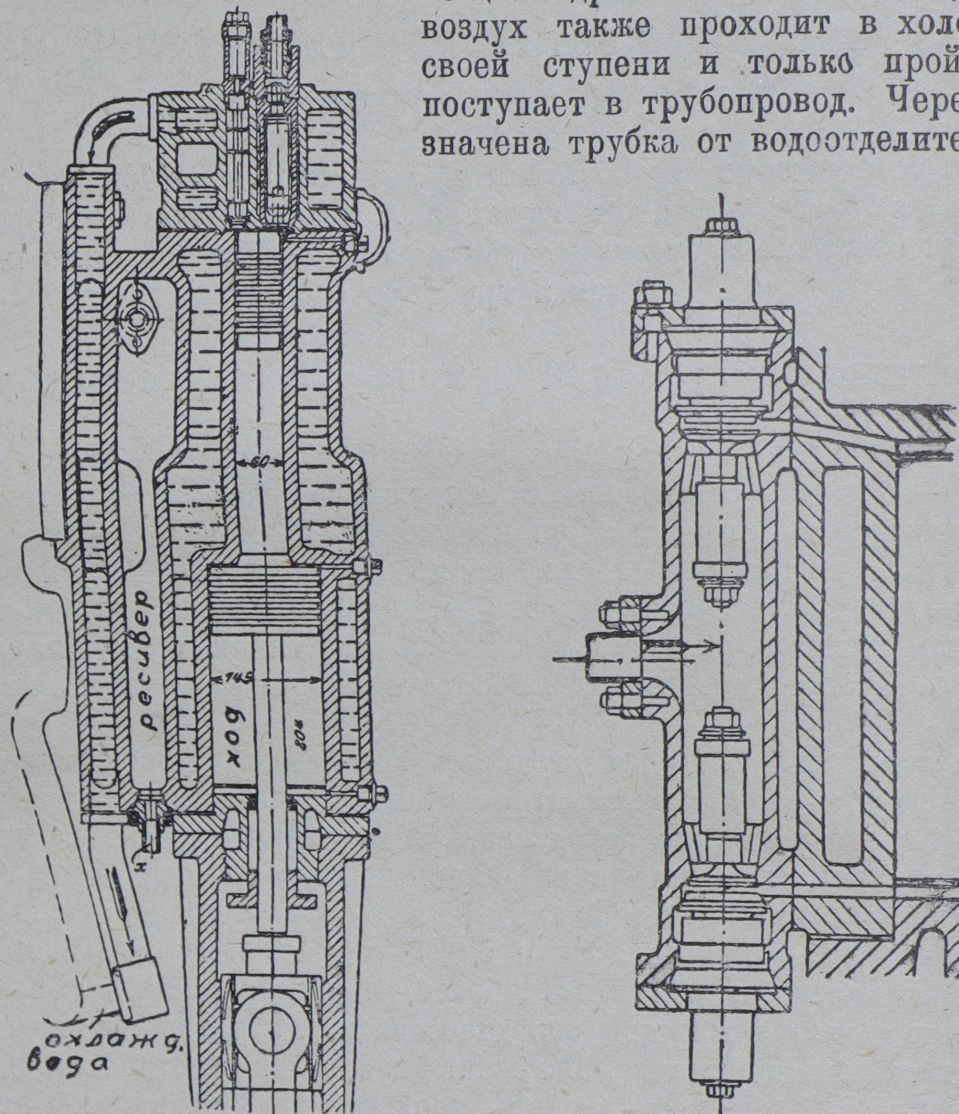
При более или менее значительном двигателе любой системы наличие в установке компрессора, иначе воздушного насоса, обязательно, как вспомогательного устройства на предмет пуска в ход двигателя сжатым воздухом. В двигателях Дизеля, кроме того, сжатый воздух необходим для распыливания топлива, так что дизельная установка любой мощности требует компрессора для двух целей (за исключением безкомпрессорных дизелей, в которых распыливание топлива производится механическим путем).

В двигателях быстрого сгорания компрессор представляет собой самостоятельную установку, монтированную недалеко от машины и приводимую от нее ременной передачей. В двигателях Дизеля компрессоры бывают различных конструкций, например, компрессор может быть непосредственно связан с рамой двигателя, будучи привинчен к ней; может стоять на отдельном фундаменте рядом с двигателем или в стороне от него с приводом от ремня. Наиболее распространенный тип—жесткое соединение с двигателем при передаче движения при помощи отдельного шатуна, тяги или коромысла. Встречаются дизельные установки, в которых обслуживание нескольких машин производится одним компрессором соответствующей мощности, установленным независимо от машин.

Как было сказано, компрессоры предназначаются для сжатия воздуха и нагнетания его через систему трубопроводов и воздухохранилищ в двигатель, когда в этом есть потребность. Давление pulverизующего воздуха в дизелях, в зависимости от нагрузки, достигает 45—70 ат, давление же только пускового воздуха очень разнообразно и зависит от системы и мощности двигателя, достигая от 10 до 25—60 ат.

Как всякие насосы, компрессоры могут быть простого и двойного действия, причем их поршни могут быть простые или ступенчатые, а в двухтактных двигателях первое сжатие может быть достигнуто продувочным насосом, а последующее—отдельным компрессором с высокой

степенью сжатия. В большинстве случаев встречаются компрессоры двухступенчатого типа, с водяным охлаждением цилиндров. На фиг. 731 представлен двухступенчатый тип компрессора от двигателя Дизеля. Здесь цилиндр низкого давления—двойного действия. Между цилиндром низкого давления и цилиндром высокого давления сжатый воздух проходит через охлаждаемый водой охладитель (змеевик, ресивер); по выходе из цилиндра высокого давления, горячий воздух также проходит в холодильник своей ступени и только пройдя его—поступает в трубопровод. Через *x* обозначена трубка от водоотделителя ресивера.

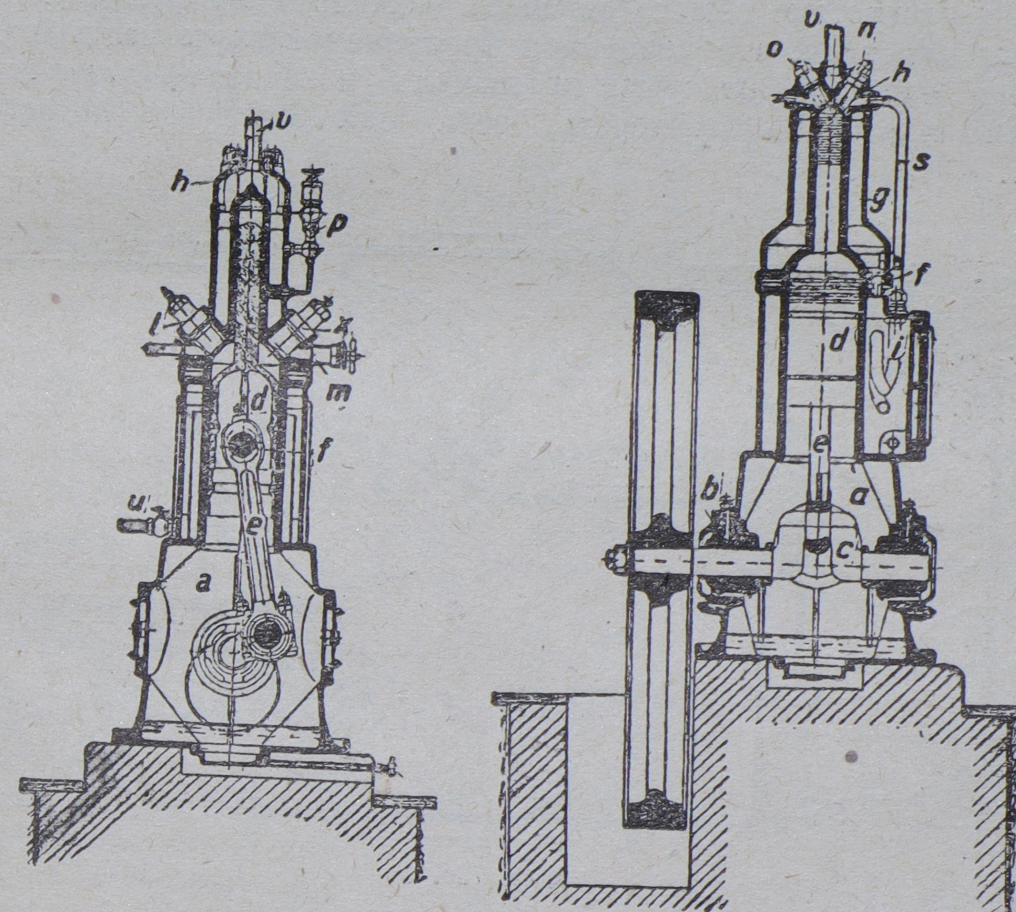


Фиг. 731.

вера. Привод поршня компрессора—от коромысла, сочлененного с шатуном двигателя. В цилиндре низкого давления всасывающий и нагнетательный клапаны расположены один против другого, как это видно из фиг. 731 справа; в цилиндре высокого давления оба клапана помещаются рядом в цилиндрической крышке.

На фиг. 732 изображен двухступенчатый компрессор с приводом от ременной передачи, установленный отдельно от двигателя на самостоятельном фундаменте.

Здесь *a*—станина с цилиндром низкого давления; *b*—коренные подшипники вала; *c*—коленчатый вал; *d*—поршень низкого давления, а верхняя его часть—ступень высокого давления; *e*—шатун; *f*—поршневой палец; *g*—цилиндр высокого давления; *h*—крышка к цилиндру высокого давления; *i*—промежуточный охладитель (змеевик) воздуха; *l*—нагнетательный клапан низкого давления; *m*—приспособление для уменьшения количества всасываемого воздуха (дроссельный клапан); *n*—всасывающий клапан высокого давления; *o*—нагнетательный клапан высокого давления.



Фиг. 732.

p—смазочный прибор; *s*—всасывающая труба к цилиндру высокого давления идущая из охладителя; *t*—проход для воды, охлаждающей цилиндры; *u*—проточная вода для охлаждения; *v*—спуск воды для охлаждения.

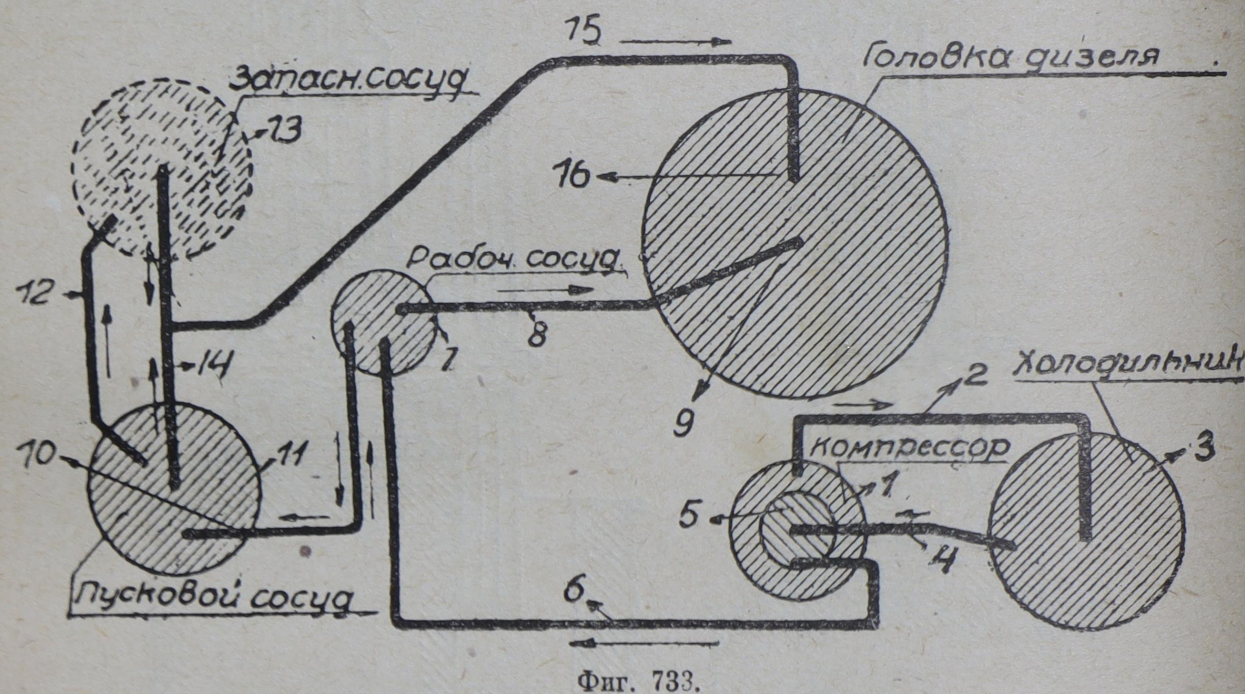
В компрессорах, соединенных с двигателем жестко, прежде всего необходимо выверить раму, поршень и привод; в конструкциях, имеющих коленчатый вал (фиг. 732), требуется тщательно проверить и вал, чтобы он не бил, а вкладыши подшипников правильно бы лежали и обегали вал. Проверка поршня производится по способу, указанному в гл. III, приемом на качку, очень удобным для компрессорных поршней, так

как поршень высокой ступени при снятой крышке далеко высовывается из цилиндра.

Крепление гаек цилиндра высокого давления следует производить весьма осторожно, с обычной постепенностью во избежание перекоса, что легко может произойти при затяжке болтов. По укреплении цилиндра следует несколько раз протолкнуть поршень от руки в оба конца чтобы окончательно убедиться в отсутствии перекоса.

Сборка компрессора с ременной передачей отличается от только что описанной лишь проверкой вала компрессора на параллельность с валом двигателя и отсутствие общего перекоса механизма на фундаменте.

Совершенно ясно, что перед монтажом каждую часть компрессора нужно очистить от грязи и вымыть в керосине, а все клапаны и вентили тщательно притереть, если они окажутся недостаточно плотными.



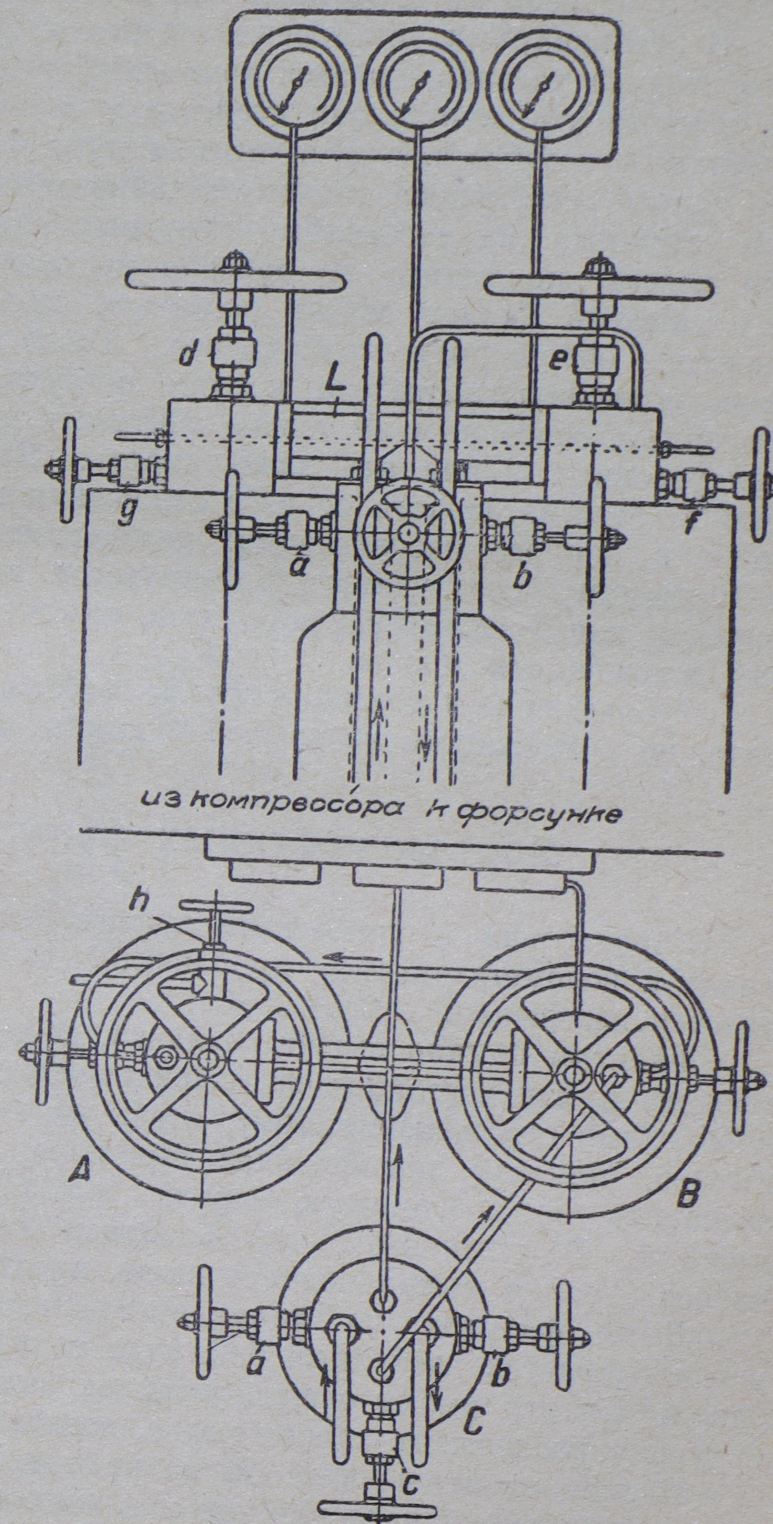
Фиг. 733.

Сборка компрессорной части дизельной установки производится по следующей схеме (фиг. 733).

Сжатый компрессором воздух подается в три стальных резервуара (о резервуарах см. дальше). Из ступени низкого давления цилиндра компрессора 1 сжатый до давления 7—8 ат воздух поступает по трубке 2 в холодильник 3, где и теряет приобретенную при сжатии теплоту. Из холодильника воздух по другой трубке 4 поступает в ступень высокого сжатия цилиндра 5, откуда он выходит уже под давлением в 50—60 ат, иногда даже выше, и поступает через холодильник высокого давления по трубке 6 в рабочий резервуар 7. Этот последний имеет, кроме трубопровода к компрессору, еще два: к двигателю 8, точнее к форсуночному клапану 9, и к пусковому резервуару 10, служащему для пуска двигателя в ход. Пусковой резервуар 11 имеет два трубопровода 12 и 14 к за-

пасному резервуару 13, получающему наполнение через пусковой сосуд по трубке 12; трубка 14 имеет трехходовой вентиль, позволяющий сообщаться с двигателем обоим последним резервуарам по желанию по трубе 15, равно как и перепускать воздух из запасного баллона в пусковой по трубе 14.

На фиг. 734 представлено расположение воздушных резервуаров. Здесь А и В—пусковой и запасный резервуары, С—баллон распыливающего (рабочего) воздуха; а—запорный вентиль на трубопроводе от компрессора к пусковому баллону, b—запорный вентиль на линии, ведущей к двигателю, с—запорный вентиль на линии, связывающей пусковой и запасный резервуары с баллоном с форсуночного воздуха, d и e—запорные вентили на пусковой и запаной линии, f и g—запорные вентили на перепускной линии, h—спускной вентиль, L—соединительный трубопровод между резервуарами А и В, ведущий к пусковому трубопроводу. Система имеет три манометра: 1) манометр до 20 ат для ступени низкого давления; 2) манометр до 100 ат для резервуара распыливающего воздуха; 3) манометр до 100 ат для пускового резервуара. В случае трехступенчатого компрессора имеется еще один манометр со шкалой до 50 ат для средней ступени давления. Материалом для труб служит: для пускового трубопровода—сталь; для распыли-



Фиг. 734.

щего воздуха—сталь или медь.

В двигателях быстрого сгорания устанавливается один или два резервуара и вся система трубопроводов совершенно упрощается, ничего сложного из себя не представляя при установке.

В стационарных установках двигателей Дизеля резервуары для сжатого воздуха устанавливаются компактно, в выемке, что позволяет лучше их обслуживать; иногда они ставятся у стены, к которой притягиваются железными хомутами, будучи ими стянуты и между собою. В виду того, что длина резервуаров только случайно может оказаться одинаковой, то при установке их необходимо подводить под днища подкладки из камня или железа, но только не деревянные, могущие прогнить, в результате чего тяжелый баллон может оказаться висющим на тройнике или даже окажется оборванным трубопровод. Такое явление чрезвычайно опасно из-за возможности выхода наружу воздуха, находящегося под большим давлением, способным не только контузить человека, но при благоприятных условиях причинить даже смерть. Вообще воздушные резервуары требуют внимательного к себе отношения не только при установке их, но и в периоде эксплуатации; необходимо стремиться к правильному и надежному соединению трубопроводов и не повредить вентиляных головок какой-нибудь случайностью, каковое повреждение весьма опасно для находящихся вблизи.

Прокладки при соединениях употребляются из фибры или клингерита, по возможности небольшой толщины, как лучше прилегающие.

Монтаж нефтяных фильтров и баков.

Параллельно с установкой главных частей двигателя, ведется установка и вспомогательных, приблизительно в том порядке, в каком нами ведется изложение.

Фильтры обычно имеют поплавки, действующие на клапан, держащий уровень нефти постоянно на одной и той же высоте. Устанавливая фильтр, необходимо стремиться к тому, чтобы клапан не был поставлен чересчур высоко, так как значительное при этом давление столба нефти может заставить ее просочиться наружу через насос во время бездействия машины. В установках, где поплавки монтируются вблизи нефтяного насоса, фильтр можно поднять выше, примерно на 1—2 м выше насоса.

Выше фильтра, на линии от главного нефтехранилища к фильтру, устанавливается расходный бак, куда топливо подается насосом. Обычно бак и фильтр имеют общую установку на стене машинного помещения, будучи укреплены на кусках рельс, вделанных в стену.

Весьма желательно, чтобы на нефтяной линии, идущей как к двигателю (топливному насосу), так и к расходному баку и дальше, было по возможности меньше всяких колен и изгибов, которые препятствуют свободному проходу нефти по трубам. Кроме того, обилие поворотов может скорее вызвать появление воздушных мешков в них, что ведет к образованию пробки и к окончательному прекращению подачи топлива.

Монтаж глушителя и прокладка трубопровода для выхлопных газов.

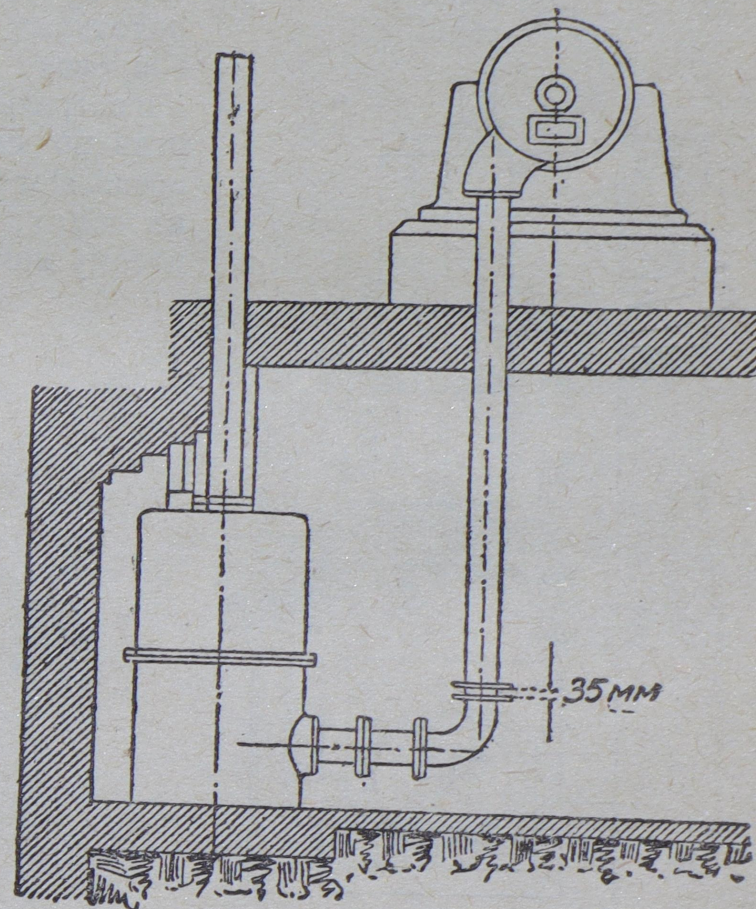
Глушитель шумов, образующихся при выхлопе отработавших газов, иначе выхлопный горшок, обычно стремятся устанавливать в грунте, недалеко от двигателя, и непременно ниже плоскости рабочего цилиндра, чтобы эмульсия масла и воды могла стекать по наклонному трубопроводу в горшок. В некоторых случаях, из соображений удобства вывода газов по местным условиям, глушители ставят на консолях на наружной стене машинного помещения.

В конструктивном отношении глушители довольно разнообразны как по форме, так и по материалу, но преобладают чугунные горшки; встречаются железные и даже бетонные.

Для примера мы приводим два конструктивных установочных образца. На фиг. 735 показан глушитель к горизонтальному двигателю, установленный под двигателем в подвальном помещении с подведенным под горшок фундаментом. Из чертежа видно, что в горизонтальных двигателях выхлопная труба, прикрепленная к крышке цилиндра, входит в особый угольник (колени), устроенный в виде сальника, чтобы дать возможность трубе расширяться при нагреве.

На фиг. 736 показан глушитель от большого двигателя, установленный в специальной бетонной кладке в форме бассейна, в который и погружен на высоте около 1 м глушитель. Бассейн на эту высоту наполняется водой. Глушитель не имеет днища, так что вся вода, попадающая выхлопную трубу и из нее в горшок, свободно вытекает.

Эта конструкция отлично смягчает шум при выхлопе, так как газы, входя в глушитель, периодически вытесняют воду, а в следующий период, под давлением последней, вытесняются из горшка непрерывной струей. Почти полное уничтожение шума может быть достигнуто еще тем, если

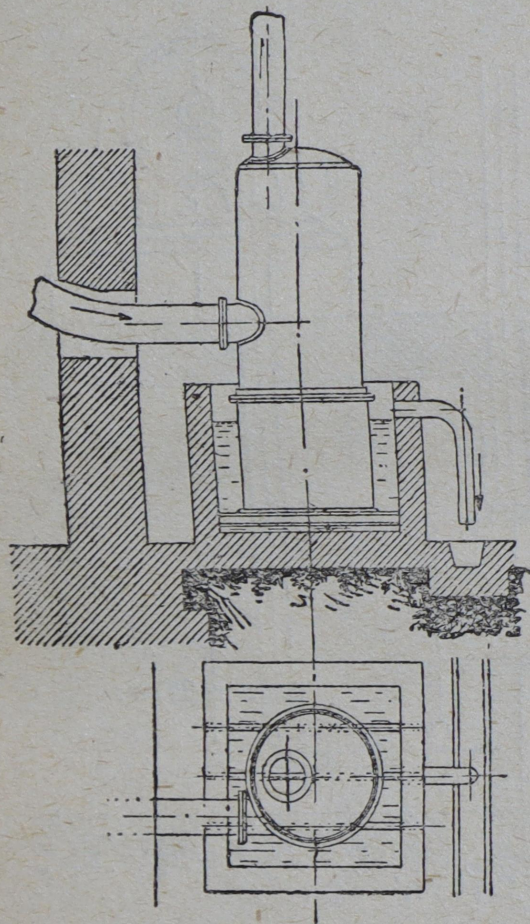


Фиг. 735.

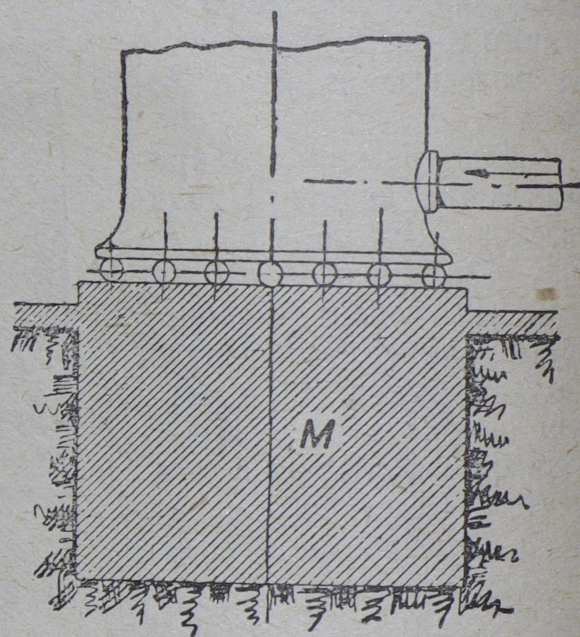
сделать решетку и покрыть ее тонким слоем камня, установив это приспособление внутрь горшка.

Глушитель должен опираться на специально сделанный для него фундамент. В целях возможности свободного передвижения горшка от удлинения при нагреве или сокращения при охлаждении выхлопного трубопровода (следования горшка за изменением длины трубы), глушитель устанавливается на особых катках (роликах), как это показано на фиг. 737. Кладка фундамента на той же фигуре отмечена через *M*.

Много целесообразнее устройства катков, установка специальных расширительных сальников на выхлопном трубопроводе как до глушителя, так и на магистрали — после него. Сальники отлично справляются со своей задачей, позволяют легкую разборку и чистку как их самих, так и главного трубопровода и потому могут быть особо рекомендованы.



Фиг. 736.



Фиг. 737.

Чрезмерное проявление шума при выхлопе отработавших газов и большей или меньшей степени зависит от размеров и устройства глушителя. Средствами для уменьшения шума могут быть названы: прежде всего надлежащий объем глушителя, который для двигателей до 100 л. с. не должен быть меньше 6—8 объемов, описываемых рабочим поршнем, а для машин выше 100 л. с. емкость глушителя должна быть еще больше, доходя до 20 объемов в крупных машинах. В многоцилиндровых двигателях лучше всего устраивать отдельный горшок для каждого цилиндра, хотя подобное устройство и обходится значительно дороже общего. Другим средством для уменьшения шума является уста-

новка нескольких горшков, последовательно один за другим, причем выпускной трубопровод на всем его протяжении не должен иметь резких переходов в сечениях и направлении. Третьим средством можно назвать установку решеток (продырявленных железных листов), с наложенным на решетку тонким слоем камней, что способствует более равномерному выходу газов (в вертикальных горшках).

Наконец, четвертым средством для уменьшения шума при выпуске можно предложить впрыскивание воды в выпускную трубу, за выпускным клапаном.

Вход и выход газов необходимо располагать так, чтобы направление пути звуковых волн не совпадало, т.-е., если приемная труба входит в глушитель сбоку, то выпускная должна располагаться вертикально сверху.

В больших двигателях иногда устраиваются бетонные глушители в земле и к ним каменные же, бетонированные каналы. Однако, при таком выполнении системы впуска кладка и связь должны быть очень плотны, так как в случае малейшего пропуска продуктов сгорания сквозь кладку, пребывание вблизи каналов становится невозможным ни для людей, ни для животных.

На фиг. 738 представлена схема глушителя для двигателя свыше 100 л. с. Краткий расчет этого глушителя следующий:

высота

$$h = 27, d,$$

площадь прохода

$$n = \frac{\pi}{4} a^2 = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} b^2,$$

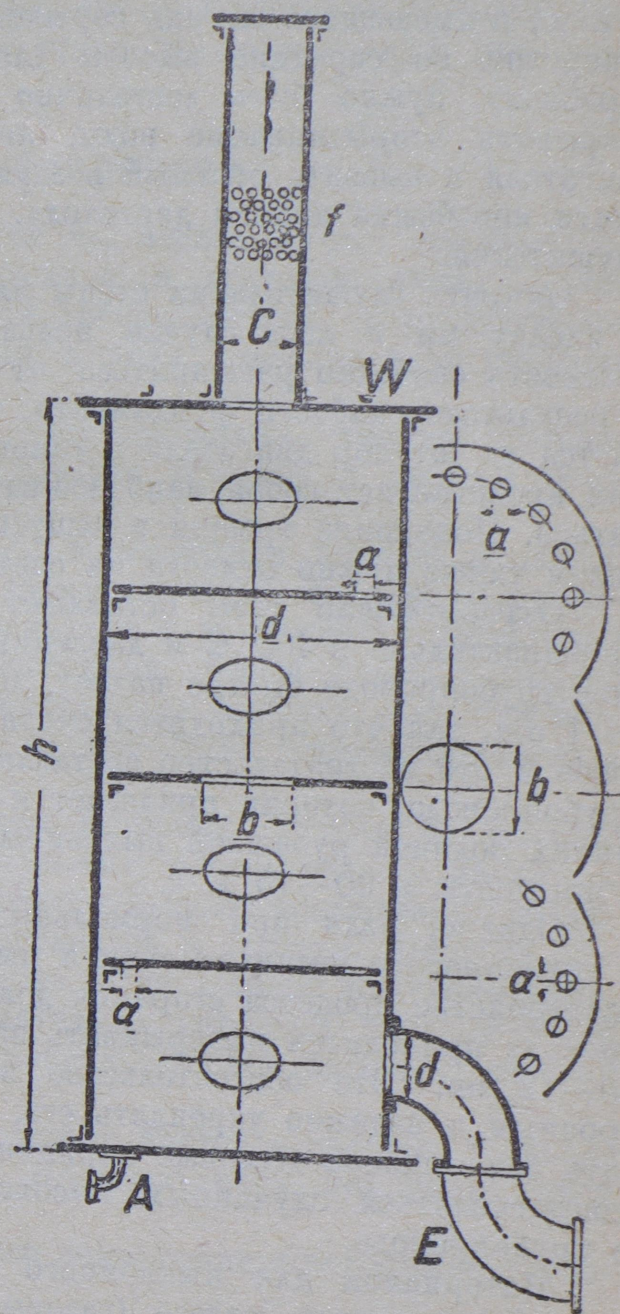
площадь отверстий в трубе

$$f = 4 \frac{\pi}{4} d^2,$$

диаметр трубы

$$c = d,$$

где *d* — диаметр подводящей трубы.



Фиг. 738.

Через *A* обозначена труба для отвода воды, которая должна выполняться достаточного диаметра во избежание ее закупоривания.

В том случае, если продукты сгорания предварительно охлаждаются вырыскиванием воды в выхлопный патрубок и затем поступают в глушитель, где проходят через ряд мелких отверстий, затем более крупных и т. д., а имеющаяся же над горшком труба сверху закрыта, но имеет ряд отверстий по середине высоты для прохода газов, — обслуживающему персоналу нужно быть достаточно внимательным, чтобы не забывать закрывать вспрыскивание воды, иначе она может подняться в цилиндр двигателя и вызвать опасный воздушно-гидравлический удар, при котором почти неизбежна авария двигателя. В этом опасность подобных систем глушителей.

Опирайте глушитель на стены или своды, а также глухо заделывать в кладку ни в коем случае нельзя, так как горшок должен иметь возможность свободно расширяться от нагрева. Если глушитель покосится в результате слабости фундамента, то вся тяжесть горшка и трубы передается на штуцер двигателя и главную магистраль, а так как эта последняя представляет собой наиболее слабое место, то она может легко разорваться. Появление трещин в выпускной трубе между двигателем и глушителем также нужно отнести на счет неудачной установки.

Отработавшие газы оставляют цилиндр машины при температуре приблизительно в 400°C и давлении около $3-4\text{ ат}$; но давление в выхлопном трубопроводе быстро падает, доходя при нормальных условиях почти до 1 ат , так что приходится считать только с высокой температурой газов и это обстоятельство заставляет прибегать к охлаждению той части трубопровода, которая прилегает к цилиндру двигателя. В хороших машинах водяной рубашкой выхлопный трубопровод снабжают уже начиная с мощности в $60-75\text{ л. с.}$

Однако, если при нормальных рабочих условиях давление газов в трубопроводе незначительно и им можно пренебречь, то при некотором расстройстве процесса сгорания дело обстоит совершенно иначе и трубопроводу приходится выдерживать значительно большие давления, порядка $10-12\text{ ат}$. Это обстоятельство заставляет делать трубопровод очень прочным и надежно укреплять его. По этой же причине нельзя использовать для выхлопа дымовые кирпичные трубы и т. п., так как они не могут сопротивляться случайным высоким давлениям, могущим образоваться в трубопроводе.

Материалом для выхлопного трубопровода должен служить чугун, в крайнем случае железо (газовые трубы); цинковые или оцинкованные трубы для этой цели не годятся, так как исходящие газы быстро разлагают цинк. Можно принять, что трубопровод до 3 дюймов в диаметре целесообразно изготавливать из газовых, хорошо сваренных, черных труб, соединяемых муфтами с нарезкой; при диаметре свыше 3 дюймов, необходимо ставить чугунные толстостенные трубы, которые лучше сопротивляются действию газов.

Выхлопная труба до глушителя должна иметь, по крайней мере, один сальник для свободного расширения при нагреве.

В тех случаях, когда приходится пропускать выхлопную трубу через легко воспламеняющиеся перегородки, стенки или перекрытия, или необходимо прикрепить к ним трубу, то нужно обязательно предусмотреть толстый слой термоизоляции, доходящий до $25-30\text{ см}$ на сторону.

В другом месте уже говорилось, что вывод отработавших газов приходится производить обязательно выше крыш соседних зданий или вершин растущих вблизи деревьев.

Прокладка трубопроводов.

Система трубопроводов в небольших двигателях ничего сложного из себя не представляет. Другое дело в средних и крупных машинах, где трубопровод во всей своей совокупности весьма сложен и ответственен в техническом отношении, не уступая в этом трубопроводам паровых установок.

Никогда не следует, без особых к тому оснований, вносить изменения в заводский проект, равно как не следует мудрить с новыми формами и изменением размеров.

Все трубы должны прокладываться в известном порядке и параллельно друг другу. Нужно избегать, по возможности, изменений направлений, всяких искривлений, резких загибов и т. п. Линии трубопроводов должны лежать на таком взаимном расстоянии, чтобы повсюду имелся свободный доступ к ним для осмотра и исправления, выпуска воды или воздуха, очистки и т. п. При соединениях должно быть учтено термическое расширение и возможность сотрясений.

Трубопроводы двигателей внутреннего сгорания состоят из различного рода труб: железных, чугунных, стальных, красно-медных, латунных и резиновых. Сечения, длины и расположение бывают чрезвычайно разнообразны и подчас не так легко ориентироваться в системе. Поэтому желательно, чтобы каждое назначение трубы было условно отмечено окраской в определенный цвет, что значительно упростит наблюдение и осмотр соединений и предохранит от многих, иногда опасных, ошибок при обслуживании.

Желательно ввести однообразную систему цветов в силовых установках двигателей внутреннего сгорания. По Гюльднеру эта шкала будет такой:

Зеленый — для холодной воды (все подводящие и отводящие трубопроводы).

Желтый — для топлива (нефть, газ, бензин и т. п.).

Коричневый — для отходящих дымовых газов.

Голубой — для всасываемого воздуха.

Синий — для сжатого воздуха (для пуска, распыливания и т. п.).

Серый — для спуска воздуха и газа.

Красный — для прессовой и центральной смазки.

В этой шкале резко бросается в глаза отсутствие черного и белого цветов. Объясняется это тем, что эти цвета теряют свою рельефность как на чертежах, так и на трубах вследствие быстрой загрязняемости

белого цвета, тогда как черный должен быть оставлен для всех второстепенных трубопроводов.

При монтаже трубопроводов большое место занимает выгибание труб. В томе I об этом уже говорилось, равно, как и о способах выгибания, выработанных практикой. Здесь заметим еще раз, что сгибание труб должно производиться таким образом, чтобы в любой точке поперечного сечения труба сохраняла свой первоначальный вид и сечение, т. е. выгнуть трубу нужно по правильной дуге. Всякого рода вмятины и выпучины совершенно недопустимы, не говоря уже о степени сохранения прочности.

Прежде, чем приступить к выгибанию трубы, нужно подумать и решить, что выгоднее, гнуть ли сначала трубу и по ней уже прилаживать то или иное арматурное соединение, или наоборот, поставить соединение и по нему выгибать трубу. В ответственных случаях, в особенности, когда приходится иметь дело с трубой сколько-нибудь крупного диаметра, полезно раньше изготовить из прута шаблон, пригнать его и затем уже по шаблону гнуть трубу.

Ничто так не действует неприятно на сведущего зрителя, как неумело или небрежно смонтированный трубопровод. Общий вид машины при этом сильно проигрывает.

Хорошо размеченный, правильно выгнутый и смонтированный на соединениях трубопровод никаких затруднений при установке не встречает.

Трубная соединительная арматура, способы соединения отдельных участков трубопровода и укрепление последнего весьма разнообразны в своих формах и выполнении. Применяют скобы, хомуты, фланцы, гайки с шайбами, муфты, ниппеля, тройники, крестовины, угольники, пробки, вентили, краны и т. п., из коих большинство доставляется в готовом виде, но все держатели (скобы, хомуты и т. д.) обычно готовятся своими средствами на месте установки.

Дать какие-либо обобщающие указания относительно преимуществ того или иного соединения вне зависимости от местных условий — невозможно из-за обилия особенностей даже в трубопроводе определенного назначения. В общем, преобладает принцип пайки и постановки на резьбу.

Однако, постановка на резьбу без какого-либо уплотняющего материала сама по себе недостаточна, так как свободно пропускает газы, воздух и воду. Поэтому, при постановке на резьбу чаще всего прибегают к уплотнению на свинцовый сурик, при чем предварительно резьбу обматывают, начиная с конца трубы, тонким слоем промасленного в вареном масле жгута из пеньки. Сурик можно заменять и свинцовыми белилами, обладающими не меньшей кроющей способностью, чем сурик, — однако, белила редко применяются из-за своей дороговизны.

В тех случаях, когда соединение не предполагается к периодическому разъему (например, водопроводные магистрали, их ответвления и т. п.), то в целях лучшей непроницаемости соединения рекомендуется нарезать трубы на конус, при каковой нарезке достигается весьма плотное прилегание поверхностей.

Сочленение пайкой во многих случаях имеет значительные преимущества перед постановкой на резьбу и другими формами соединений, так как дает возможность легче и аккуратнее выполнить какое-нибудь фасонное разветвление, или многообразное сложное соединение под определенными углами с точным соблюдением расстояний, или при тесноте места постановки и т. п. Кроме того, пайка в опытных руках всегда выполняется быстрее, чем соединение через нагревание, в особенности, если приходится производить нарезку клуппом от руки. При более или менее значительных диаметрах труб нарезание крайне утомительно, берет много времени и в результате резьба почти всегда оказывается неправильной, так как правильно нарезать от руки невозможно, тогда как при пайке труба и ее дополнительные части оказываются ровными и правильно расположенными, без кривизны и обмятин.

Принятое у слесарей и монтеров зажимание железных и цветных труб в тиски совершенно недопустимо, как способствующее обминанию. Весьма желательно иметь на монтаже специальные трубные тиски (т. I, фиг. 82), которыми и пользоваться для этой цели.

При завинчивании свободных газовых труб следует пользоваться общеизвестными газовыми ключами.

Далеко не последнее место в монтаже трубопроводов занимают прокладки в соединениях. Очень важно, чтобы прокладки были совершенно плотны и непроницаемы для тел, циркулирующих в трубах. Прокладки должны быть уложены так, чтобы вполне заполнять собою все выточки, соприкасающиеся плоскости и не выдавливаясь наружу.

В двигателях внутреннего сгорания встречаются самые разнообразные виды прокладок и применение того или иного вида прокладок для данной цели всецело зависит от усмотрения сборщика, опытность которого подсказывает ему выбор того или другого вида, сорта, формы и размера. Но все же для ответственных соединений существуют определенные материалы, отступать от которых не приходится. Так, для воздушных трубопроводов высокого давления применяются как металлические прокладки в виде колец из красной меди или медно-асбестовые, так и просто асбестовые, клингеритовые, эксцельсиоровая набивка и т. п. Воздушные трубопроводы низкого давления не требуют особых мер предосторожности и потому здесь допускаются самые широкие возможности выбора, а иногда обходятся и совсем без прокладок, ограничиваясь постановкой на краску.

Топливные магистрали (нефть, керосин, бензин, газ) требуют высокой степени уплотнения стыков и снабжаются обычно металлическими прокладками из красной меди. В этом случае применяют и толстую черную бумагу, если имеющийся фланец достаточно широк и пришабрен по краске. Чертежной бумагой вообще нередко пользуются при уплотнениях мест с невысокой температурой (до 40—50° C).

Водопроводные соединения менее всего капризны и допускают большее разнообразие в выборе прокладочного материала и способа уплотнения. Здесь применяется кожа, резина, клингерит, постановка на пеньку с суриком и т. п. Трубопроводы для горячей воды уже капризнее и требуют

большого внимания, допуская уплотнение парусиной на сушке или белилах, плотным картоном, пропитанным вареным маслом, а также клингеритом. Применять картон рекомендуется лишь в тех случаях, когда трубопровод не будет подвергаться частому разъединению. Клингерит сравнительно очень быстро разрыхляется горячей водой.

Выпускной для отработавших газов трубопровод требует асбеста или клингерита, обмазанных с обеих сторон графитовым порошком. Обычно выпускной трубопровод никогда не пропускает, если, конечно, нет чисто механических повреждений труб, так как внутренняя его поверхность настолько плотно обрастает коркой несгоревших остатков и копотью, что все поры оказываются ими забиты.

Наиболее подходящими материалами для прокладок в масляном трубопроводе нужно считать металлические уплотнения, фибру, плотную материю и плотную бумагу; можно ставить и кожу, резину, клингерит и асбест, но эти материалы поддаются разъедающему и растворяющему действию масла, утрачивают свою первоначальную плотность и могут вдавливаясь внутрь трубок, что очень опасно для двигателя. В некоторых случаях обходятся совсем без прокладок, пользуясь шайбами с накидной гайкой или пришабренным по краске фланцем, наконец, обходятся только плотной нарезкой.

Скажем несколько слов относительно свойств прокладочных материалов.

Асбестовый картон или шнур лучше брать чистый, но не проклеенный, так как проклейка сравнительно быстро выгорает, после чего асбест превращается в труху. Асбест отлично сопротивляется действию горячих газов, но очень плохо выносит действие жидкостей (воды, нефти, керосина, масла). Значительно улучшенным прокладочным материалом является асбест в соединении с медью, так называемая медно-асбестовая прокладка, которая способна выдерживать большие давления без выжимания наружу, оставаясь в то же время плотной при термическом расширении труб, так как имеющаяся в прокладке медь также подвержена термическим влияниям и притом в большей степени, чем железо или чугун. Медно-асбестовая прокладка выполняется в виде колец определенных размеров, причем кольца сделаны из волнистой меди в соединении с асбестом, или в виде листов с проложенной внутри медной сеткой.

Чистый асбест или асбест с медью перед окончательной укладкой на место следует смачивать водой и смазывать со всех сторон графитом.

Свойства кожи, как прокладочного материала для водных артерий, — общеизвестны. Это лучший материал для холодной воды, несколько не уступающий резиновому. Чрезмерно долгое пребывание в воде вызывает сгнивание кожи.

Резина в ее чистом виде очень хороша для холодной воды, но быстро портится от влияния масла и нефти, очень плохо сопротивляясь нагреванию.

Клингерит, как и кожа, прекрасно выносит холодную воду, но горячую и другие жидкости выносит сравнительно плохо. Очень хорош для уплотнения цилиндрических крышек небольших двигателей. Стоимость клингерита высока.

Картон и чертежная бумага представляют собой недорогой и несма удовлетворительный прокладочный материал. Будучи пропитаны маслом или даже нефтью и керосином картон и бумага очень хорошо сопротивляются разрыхлению. Область применения очень широкая, о чем уже говорилось.

Разновидность картона — папка, пропитанная вареным маслом хорошо выдерживает холодную и горячую воду. Отрицательное свойство папки в том, что после высыхания масла она сильно затвердевает, трудно скабливается с поверхностями прилегания, равно как и масло, высыхающее и пригорающее на них.

В отношении сальниковых набивок, в дополнение к сказанному в томе I, заметим, что в двигателях внутреннего сгорания они не имеют столь существенного значения, как в паровых машинах, так как большинство двигателей внутреннего сгорания построены по принципу простого действия.

Набивка форсунки должна быть плотна; то же самое можно сказать и о сальнике нефтяного насоса, набивка которого должна быть герметически плотна во избежание пропуска нефти, но, однако, поршень насоса не может быть чрезмерно зажат, в каком случае пружина не смогла бы справиться со своей задачей продвижения поршня вперед. Набивки поршневых штоков в газовых двигателях двойного действия или крейцкопфных дизелях двойного действия (очень редкий случай) предусматриваются заводом и обычно состоят из металлических уплотнений к специальным сальникам, так что о них мы говорить не будем.

Обобщающе о сальниковых набивках можно сказать, что они забиваются весьма туго при помощи деревяшки или молотка, после чего надежно затягивается букса. Однако, при сильной затяжке нельзя упускать из виду возможности заедания штока, шпинделя и т. п.

Монтаж смазочных аппаратов и трубопроводов.

В дальнейшем нам придется подробнее остановиться на питании смазкой машин, здесь же мы коснемся только некоторых смазочных аппаратов и их установки.

В небольших двигателях смазывание поверхностей скольжения движущихся частей производится обычными масленками, из которых смазка подается капанием (самотеком), иногда же под давлением. Смазочные приборы в этих случаях довольно просты и на них мы останавливаться не будем.

Совершенно иначе обстоит дело с регулярной подачей смазки к частям средних и тем более крупных машин, где приходится устраивать целую систему подачи и отвода масла с установкой нагнетающих насосов.

Каждый двигатель, в зависимости от его системы и величины, имеет свою систему устройства смазочной аппаратуры и ее трубопровода. Спецификация и план этой системы обычно доставляются заводом и при установке следует строго придерживаться заводских данных.

Маслораспределители, масленки, насосы и т. п. доставляются на монтаж почти всегда уже в готовом, т.-е. тщательно собранном виде, и работа с ними сводится только к пригонке частей, установке и пайке трубопроводов и монтажу привода для насоса, если таковой имеется при чем масляный насос должен быть выверен в связи с работой регулятора и в соответствии с положениями коренного вала.

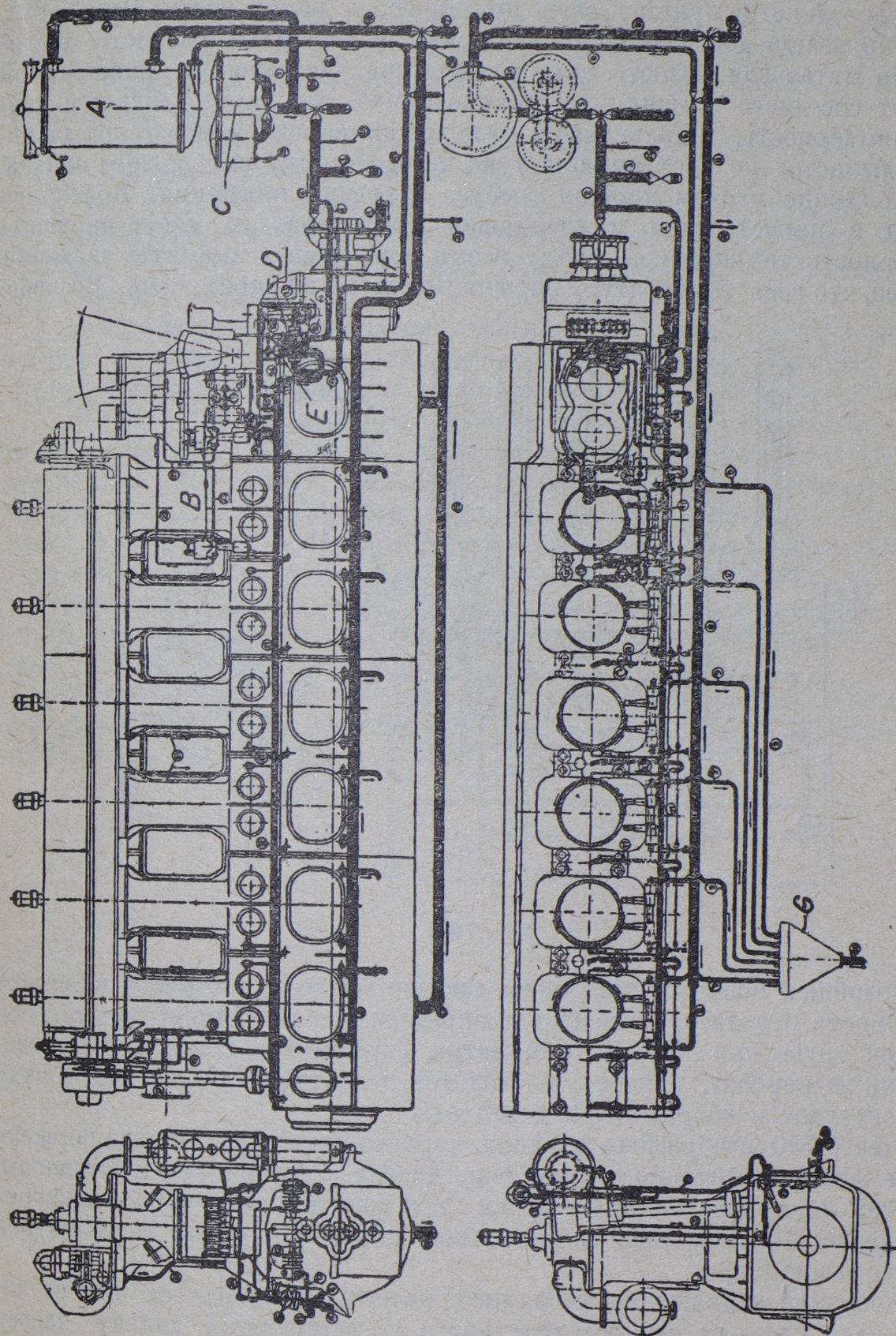
На фиг. 739 представлен план распределительной сети смазочного трубопровода к двигателю Дизеля (быстроходному) в 550 л. с. Эта сеть смазки под давлением типична для многоцилиндровых двигателей.

На фигуре буквенные и цифровые обозначения относятся к следующим деталям. Через *A* обозначен маслоохладитель; *B*—смазочные прессы; *C*—масляные фильтры; *D*—предохранительный и регулирующий давление масла конический клапан для масляного охлаждения поршня; *E*—регулирующий давление масла клапан для смазки подшипников; *F*—масляный насос; *G*—сточная воронка.

Трубопровод: 1—всасывающая труба масляного насоса из рабочего бака; 2—нагнетательная труба насоса к фильтру; 3—нагнетательная труба запасного насоса к фильтру; 4—труба к предохранительному клапану; 5—труба масляного фильтра к маслоохладителю; 6—труба от маслоохладителя к подшипникам; 7—соединительный трубопровод между отдельными квивателями; 8—трубопровод от маслоохладителя к поршню; 9—от поршня к воронке; 10—от воронки к рабочему сосуду; 11—от регулирующего давление масла клапана к подшипникам кривошипов, кривошипным цапфам и поршневым пальцам; 12—к винтовым колесам распределительного вала; 13—к подшипникам насосов для топлива; 14—сток от регулирующего давление масла клапана; 15—сточная труба от предохранительного клапана; 16—впускная труба к распределителю; 17—к коробке винтовых колес; 18—к осям рычагов; 19—к подшипникам распределительных валов; 20—сток от коренных подшипников к кривошипной ванне; 21—23—от смазочных прессов к цилиндрам компрессоров; 24—от цилиндрической вспомогательной смазки к цилиндру второй ступени компрессора; 25—сток к кривошипной ванне; 26—манометрическая трубка; 27—вспомогательная смазка для рабочих цилиндров; 28—сток мути с масляного фильтра; 29—вентиляция маслоохладителя; 30—сточная труба маслоохладителя.

Действие маслораспределителя происходит таким образом. Насос засасывает смазку из расходного бака (при возможно коротком трубопроводе) и подает ее через масляный фильтр и охладитель в напорный трубопровод. Доставка масла к коренным подшипникам производится сверху крышки; обычно цапфа коренного подшипника бывает просверлена и притом так, что масло из него проходит в полый вал, откуда проходит в нижний шатунный подшипник соседнего цилиндра.

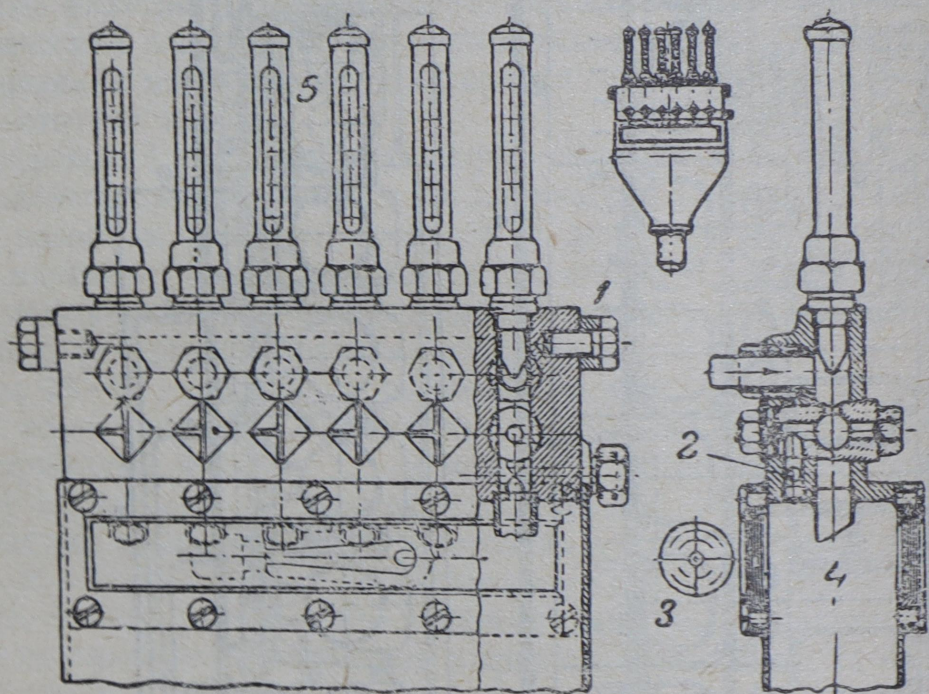
Смазка цилиндров производится при помощи желобков, нарезанных на их внутренней поверхности снизу. Цилиндры просверливаются рядом небольших отверстий, к которым масло подводится по трубкам, проложенным сквозь водяную рубашку. Смазочные желобки на внутренней поверхности цилиндра бывают различной формы, например в виде уступов или винтовой линии.



Фиг. 739.

Питание коренного вала для смазки шатунов достигается с одного распределительного пункта, расположенного у конца вала. При этом, однако, не всегда достигается равномерная подача из-за разности давлений, если питающая полость вала непрерывна. Смазывание кривошипной цапфы от соседнего подшипника рациональнее, так как достигается лучшая равномерность. В дальнейшем от подшипника цапфы масло под давлением подымается по сверлению шатуна к подшипнику поршневого пальца.

Охлаждение маслом поршня требует большого внимания. Колебания давления в нагнетающем и отводящем трубопроводах могут нарушать равномерность температуры между всеми поршнями и вызывать заедание, тем более, что ведь температуру поршня на ощупь не определишь. Во избе-



Фиг. 740.

жание подобных возможностей охлаждающее масло для каждого цилиндра в отдельности отводится отдельно и определяется на температуру в своей отводящей трубе при помощи термометра. Термометры вставляются в особую сточную коробку, в которую сходятся все отводящие трубки, откуда масло поступает в сборный бак двигателя.

На фиг. 740 изображена сточная коробка для охлаждающего поршень масла от шестицилиндрового двигателя Дизеля. На фигуре обозначены: 1—пробка; 2—присоединение трубки для сжатого воздуха; 3—электрическая груша; 4—смотровое застекленное окно; 5—группа термометров для каждого цилиндра.

Приведение в движение масляного насоса производится или от коренного вала или—от распределительного. Всасывающий клапан насоса засасывает масло из сточного сосуда, куда стекает отработавшее в частях двигателя масло, а нагнетательный, через охладитель и фильтр, нагнетает

его в напорную магистраль. Наличие охладителя и фильтра необходимо для повторного использования смазки потому, что масло из машины выходит сильно нагретым и не успевает к моменту вторичного поступления в нее охладиться без искусственных мер, к тому же оно загрязняется и необходима очистка.

Фильтры обычно состоят из проволочных сит, вставляемых в сосуд. Сита устроены двойными, могут переключаться, так что при чистке одной половины фильтра работа двигателя не прекращается. Полезно при чистках внимательно исследовать свойства масляных загрязнений (в остатках), так как по ним нередко можно обнаружить тот или иной скрытый недостаток в машине.

Смазка компрессора производится обычно дорогим, высококачественным маслом и под высоким давлением, причем каждая ступень получает определенную порцию смазки, подаваемую небольшим насосом—масленкой.

На фиг. 739 мы привели образцовое устройство масляной сети большого и дорогого двигателя. Конечно существуют много систем более простых, в особенности в машинах с небольшим числом цилиндров и одноцилиндровых. Фильтры в таких двигателях почти всегда отсутствуют, по каковой причине отработавшее масло или идет на смазку второстепенных механизмов производства, или просто выбрасывается, если не устроили маслоотстойника и фильтра своими средствами. Однако, вследствие высокой стоимости масла ни в коем случае нельзя отказываться от повторного использования его в машине.

О конструктивных образцах фильтров, легко устраиваемых своими средствами, будет сказано дальше в специальной главе, посвященной вопросам смазки.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Монтаж распределительных и регулирующих механизмов.

Распределительный вал, его опоры и сочленения.—Кулачные шайбы, эксцентрики, рычаги и передачи.—Проверка распределения.—Регулирование.—Нефтяные насосы.

Распределительный вал, его опоры и сочленения.

Передача движения распределительному механизму производится от коренного вала при помощи винтовых колес. Распределительный вал в горизонтальных двигателях располагают вдоль большой оси машины (перпендикулярно к коренному валу), а вертикальных—перпендикулярно к осям цилиндров и параллельно коренному валу. В этих последних еще имеется промежуточный (вертикальный, иногда наклонный) вал, передающий движение горизонтальному распределительному. В горизонтальных двигателях передача движения производится посредством одной пары винтовых колес; в вертикальных—двух пар. В четырехтактных машинах передаточное число колес равно 2, в двухтактных—1.

На горизонтальный распределительный вал насажены либо кулачные шайбы (кулаки), либо эксцентрики, при помощи рычагов приводящие в движение клапаны цилиндра. В небольших двигателях кулаки иногда представляют собой одну общую отливку с валом.

Валы монтируются с большой тщательностью, в особенности в более или менее ответственной машине, и в первую очередь особенного внимания требует горизонтальный вал. Все распределительные и регулирующие органы пригоняются и испытываются на машиностроительном заводе, но, тем не менее, на месте постоянной установки должно быть проверено решительно каждое соединение.

Требования, предъявляемые к правильно установленным распределительным валам, следующие:

1. В горизонтальных двигателях распределительный вал должен лежать строго горизонтально, причем его ось должна быть параллельна большой оси двигателя.

2. В вертикальных двигателях горизонтальный вал должен лежать тоже совершенно горизонтально в плоскости осей цилиндров.

3. Вертикальный передаточный (равно как и регуляторный, если по конструкции он не представляет одного образования с вертикальным) должен быть смонтирован, строго вертикально.

Все опорные кронштейны должны быть точно установлены по уровню, а подшипники валов хорошо прилажены к валам по краске; подпятник для вертикального вала не должен иметь излишнего зазора во избежание игры вала; шестерни должны быть собраны и расположены так, чтобы не было никаких отклонений против намеченной конструкцией правильной их работы.

Необходимое правильное положение валов относительно главных геометрических плоскостей двигателя выверяется прикладыванием квадратного уровня с входящим двухгранным углом, при чем проверка ведется попеременно с четырех сторон во избежание возможных погрешностей.

Если бы оказалось, что заводская пригонка подшипников неудовлетворительна, или приходится иметь дело со старой машиной, требующей перезаливки вкладышей или новых бронзовых, прилаживание производят по общим правилам для подшипников. В том случае, если вкладыш подпятника целый, а не из двух половин, прилаживание вкладыша нужно производить довольно осторожно во избежание появления слабину и как результата этого—игры вала.

Большое значение для правильной работы всего распределительного механизма имеет надлежащая пригонка винтовых колес. Обычно заводская пригонка не отличается особой точностью выполнения, в особенности если машина небольшая и не подвергалась так сказать индивидуальной сборке и испытанию. С этим приходится мириться, если отступления невелики и не нарушают заметным образом общих геометрических соотношений. Если шестерня старая и заметно изношена в своих зубьях, необходимо ее сменить, причем материал шестерни должен быть тот же (сталь, чугун или твердая бронза); это особенно важно в тех случаях, когда материал ведущей и ведомой части бывает разнороден (например, чугун—бронза или сталь—бронза).

Правильно пригнанная шестерня должна удовлетворять следующему. Во-первых, вращение должно быть совершенно плавным, без задинок, без шума, без смещения оси распределительного вала, с равномерным зацеплением зубцов и без напряжения; во-вторых, срединная плоскость шестерни должна быть строго горизонтальна или вертикальна, в зависимости от назначения, причем срединная плоскость ведущего колеса была бы перпендикулярна к срединной плоскости ведомого; в-третьих, расстояние между ведущим и ведомым валами было бы строго отвечающим условиям правильного зацепления зубьев шестерни. Правильность зацепления шестерен состоит еще и в том, что зубья распределительного механизма сцепляются совершенно определенным образом соответственно тем заводским отметкам, которые нанесены на зубцы. Это в особенности важно в тех случаях, тогда по конструкции механизма шестерням приходится нести особо тяжелую или ответственную службу, в каких случаях завод пригоняет особо строго зубцы при помощи шабрения, а колеса в целом, относительно передачи движения данному механизму,—тончайшим образом устанавливает.

Положение подшипников и подпятника в новых машинах бывает заводом точно зафиксировано и всю сборку следует вести по заводским

меткам, если, конечно, они не явно ошибочны. В старых машинах эти грани могут быть стерты изношенностью частей от времени и их приходится снова находить опытным путем.

Следует обратить внимание на отсутствие игры в горизонтальных распределительных валах в осевом направлении, так как осевая свобода вала влечет за собой беспокойный ход двигателя и благодаря толчкам—быстро приводит к износу шестерни и другие части. В зависимости от конструкции, нужно принять необходимые меры в предупреждение этого явления, в особенности в старых машинах, в которых вероятность осевой игры более возможна, чем в новых. При наличии упорного подшипника следует произвести наварку или перезаливку баббита в нем.

Зазоры в подшипниках распределительных валов должны быть приняты небольшие, в противном случае вал начнет играть или бить, что вызовет неравномерный и быстрый износ подшипников.

В случае осадки вертикального вала в старых машинах, его приводят в нормальное положение посредством подкладок под пяту нужного размера, чем достигается приведение начальных окружностей колеса в правильное геометрическое соприкосновение. Начальными окружностями шестерен называются окружности теоретического касания одной по другой. Если вал осел, или потерял вертикальность, или спутаны зубцы зацепления шестерен, или шестерня бьет, обнаруживая косину,—достигнуть точности передачи нельзя.

Соблюсти условие правильности сборки в отношении начальных окружностей необходимо потому, что в этом случае при равномерном вращении одной шестерни так же равномерно будет вращаться и другая.

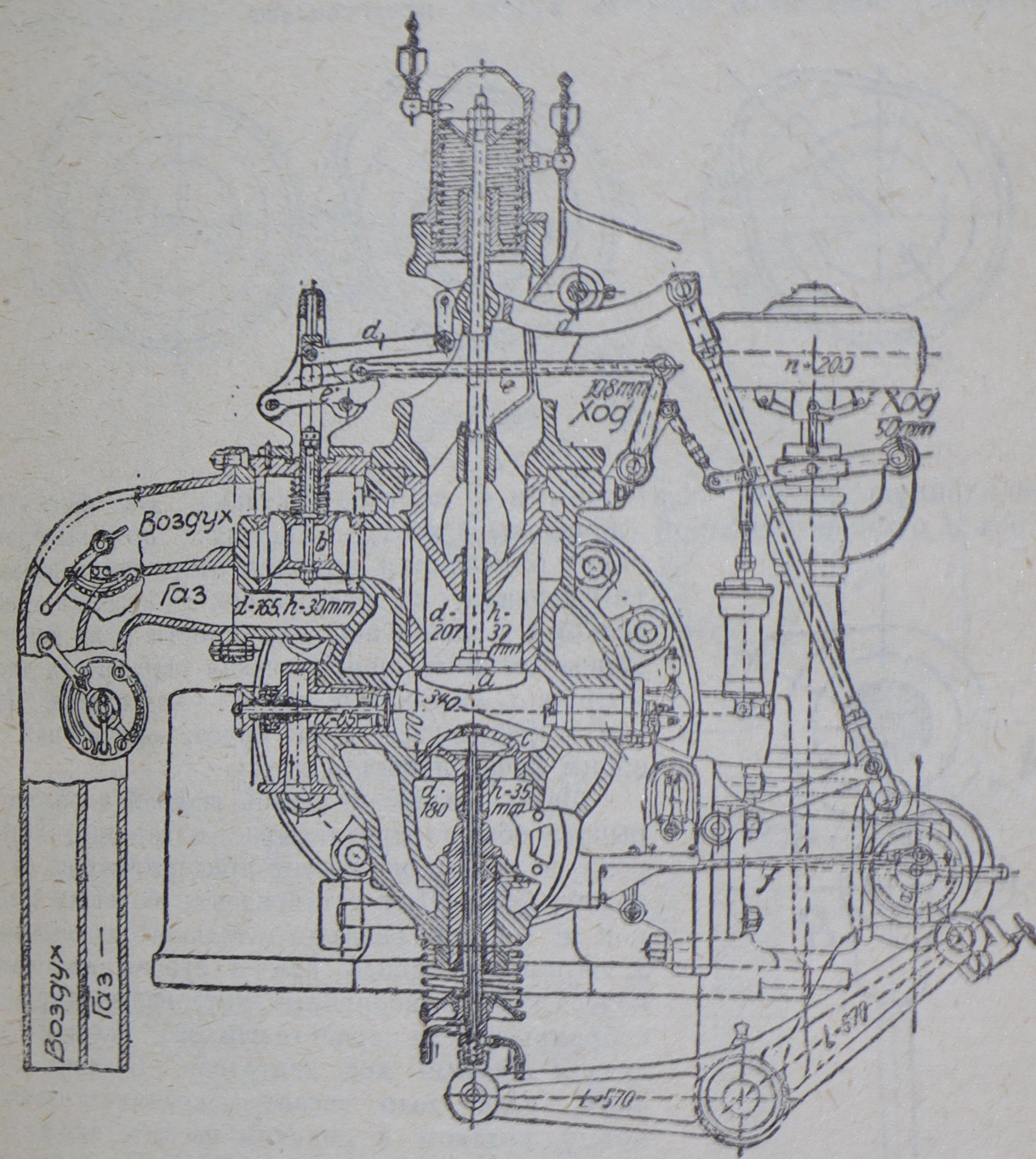
Кулачные шайбы, эксцентрики, рычаги и передачи.

Передача движения от распределительного вала рычагам, управляющим клапанами, производится посредством кулачных шайб или эксцентриков. В огромном большинстве случаев встречается распределение кулаками, тогда как эксцентриковое—принадлежность, главным образом, крупных газовых двигателей, хотя в последних встречаются нередко и кулачные распределения.

На фиг. 741 представлено распределение кулачными шайбами на примере одноцилиндровой газовой машины. Применение кулака дает принужденное открытие клапана, на закрытие же его влияет лишь отчасти, так как отходящий кулак освобождает ролик рычага, а вместе с ним—и клапан. Нужное очертание кулачного выступа на шайбе должно отвечать кривой подъема клапана и силам инерции распределительных рычагов.

Воздухо-и газовпускные и выпускные клапаны в некоторых пределах не так чувствительны к моментам распределения и потому форма кулаков не столь существенна в отношении хода двигателя, но зато форсуночный кулак требует точного профиля и должен сохранять его постоянно. Этот профиль оканчивается острым носиком и определяется опытным путем, причем материалом служит цементированная и терми-

чески обработанная сталь. Первое испытание, в противоположность кулакам других клапанов, часто производится при незакаленном носке, чтобы дать возможность отрегулировать положение носка имеющимися винтами, проходящими через овальное отверстие, после чего носок зака-

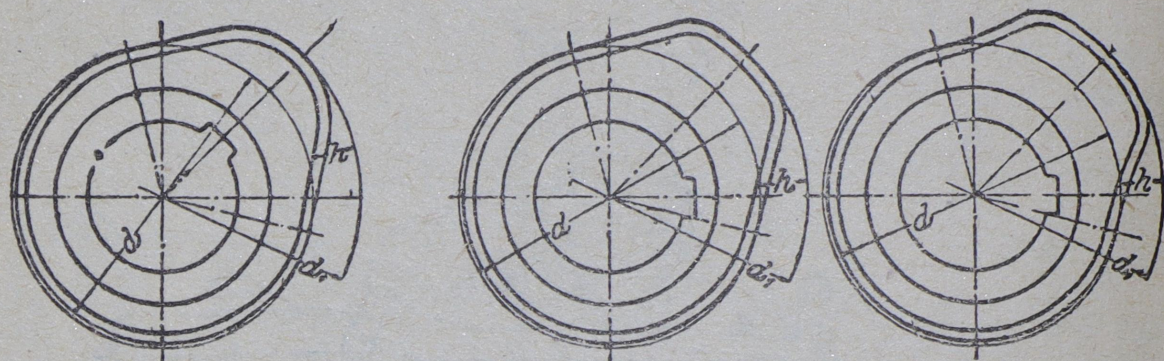


Фиг. 741.

ливается и затем окончательно устанавливается и закрепляется. Крепление происходит таким образом, что при известных эксплуатационных изменениях, например при перемене сорта топлива, некотором изнашивании и т. п., можно произвольно изменять положение носка. Вообще распределение топливного клапана должно быть выполнено в достаточной мере

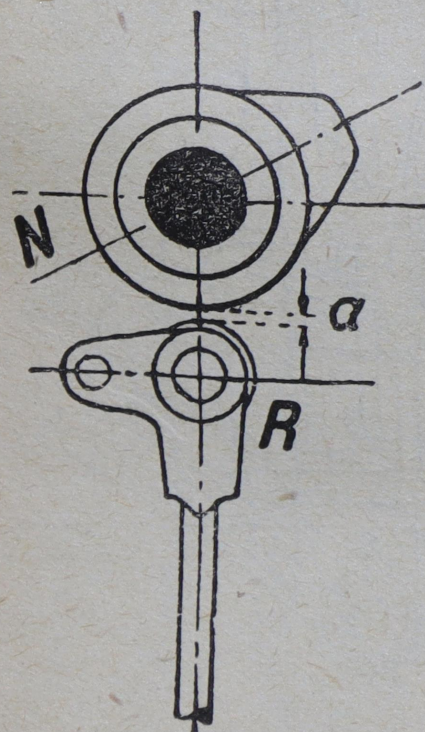
гибко, чтобы возможно было изменять зазор ролика, производить удаление центра ролика от оси распределительного вала при закрытом клапане, смещать кулак по окружности шайбы.

На фиг. 742 представлены кулачные шайбы с разными профилями кулаков. Чаще всего профиль кулака представляет собой окружность,



Фиг. 742.

соединенную двумя касательными с корпусом кулака. На фиг. 742 через d отмечен основной (начальный) круг, на котором при вычерчивании отмечаются моменты открытия и закрытия клапана; из этих точек проводятся касательные к начальной окружности и из центра описывается концентрическая окружность диаметром $d_1 = d + 2h$, где h — ход кулака. Затем определяется дуга круга, касательная к обеим касательным и кругу.

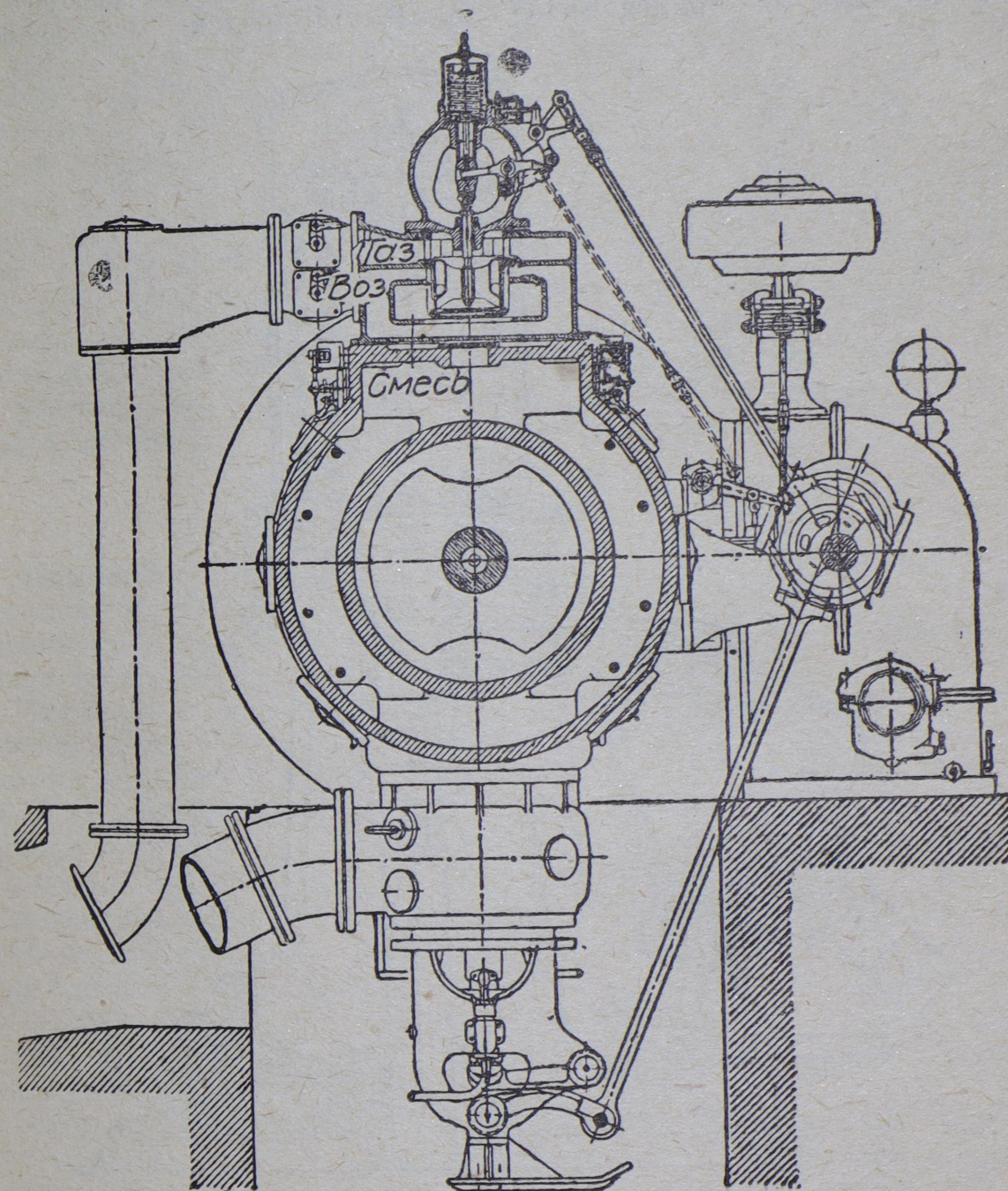


Фиг. 743.

Зазор между кулачной шайбой и роликом рычага обычно предписывается заводом, которого в общем и следует придерживаться (a — на фиг. 743). При установлении больших зазоров в частях распределительного механизма, в шарнирах запала или в зубцах винтовых колес (плохо выполненных, неудовлетворительно собранных или сработавшихся) наблюдается стук и шумный ход двигателя. В таких случаях, если дело касается величины зазора между кулаком и роликом рычага, нужно зазор a (фиг. 743) между шайбой N и роликом R уменьшить до требуемой величины, примерно до 0,75—1,5 мм, в зависимости от величины и конструкции машины.

Система распределения эксцентриками значительно сложнее простого устройства кулачных шайб. После известного предела кулаки уже начинают обнаруживать неприятные стороны и благодаря этому в крупных машинах некоторые конструкторы предпочитают эксцентриковое распределение.

Эксцентрик представляет собой видоизмененный кривошипный механизм, работающий по тем же законам, причем один эксцентрик может приводить два рычага и в этом его значительное достоинство.



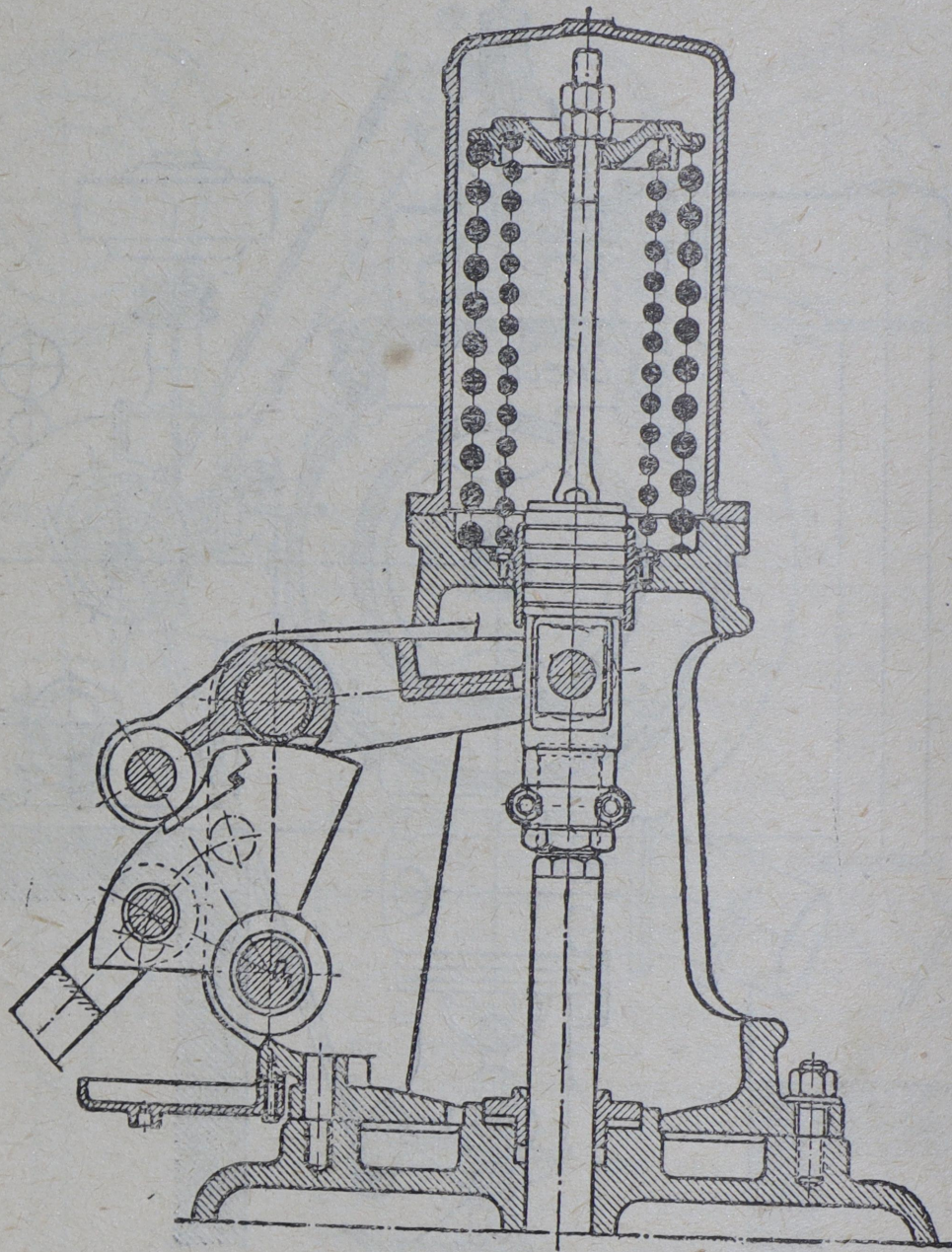
Фиг. 744.

Передача движения клапанам в случае применения эксцентрикового распределения производится либо при помощи катящихся рычагов, либо посредством качающегося кулака, что встречается значительно реже.

На фиг. 744 дан пример катящегося рычага. Тяга каждого эксцентрика перемещает конец вращающегося около неподвижной оси рычага, который тоже вращается около неподвижной оси. Второй рычаг, давле-

нием своего свободного конца, открывает клапан. В конструкции предусмотрено катание рычагов, но, по возможности, избегается скольжение.

На фиг. 745 представлена конструкция качающегося кулака. Качающийся кулак имеет закаленную поверхность вставного рабочего профиля, которым он приподнимает закаленный ролик. Этот последний



Фиг. 745.

сидит на угловом рычаге, вращающемся около неподвижной оси; клапан открывается давлением другого конца рычага.

Положение как эксцентриковых бугелей, так и кулачных шайб определяется заводом, который, по определению требуемых фаз, соответствующих началу и концу действия управляющего механизма, устанавливает правильно шайбу или бугель при наилучшем положении на валу

и закрепляет это положение постановкой шпонок. Кулаки распределительного вала, в особенности в дизелях, укрепляются очень тщательно и надежно в предохранение от хлябанья.

Монтаж распределительных рычагов, тяг, серег и т. п. ничего сложного из себя не представляет, так как их длина находится в соответствии с периодом открытия данного клапана или приведения другой передачи по времени. Шарнирные соединения (пальцы, буксы, втулки) должны быть проверены на отсутствие заедания, с одной стороны, и на отсутствие слабину, — с другой. Важно, чтобы шарнирное соединение недостатком в сборке не могло повлиять на работу механизма. Проверку шарниров можно вести по способу качки, т.-е. создавать искусственные толчки из стороны в сторону при правильном положении соединения и закреплении наглухо одной из составляющих соединения. Разницу в колебательных отклонениях испытывают на ощупь. При подобных исследованиях желательно манипулировать с несмазанными шарнирами.

Конечно, все пальцы и втулки должны быть тщательно очищены от грязи и ржавчины.

Проверка распределения.

Теоретический цикл работы двигателя не совпадает с действительным процессом по той причине, что на практике приходится считаться с некоторым запаздыванием рабочего момента клапанов и с их прогрессивным ускорением открытия и закрытия.

Для четкости работы двигателя необходимо комбинировать отдельные моменты рабочего цикла так, чтобы была полная согласованность в этих моментах и не происходило бы запаздываний и преждевременных вступлений в действие отдельных органов. Поэтому необходимо, чтобы открытие всасывающих, топливных и выпускных клапанов начиналось бы несколько ранее соответствующих тактов, а закрытие происходило бы позднее окончания соответствующего хода, т.-е. чтобы абсолютная работа от действия клапана отвечала бы вполне задачам течения процесса в целом. То же самое и в отношении топливного клапана. Нужно, чтобы сгорание начиналось в конце хода сжатия, когда поршень подходит к своему крайнему положению у цилиндрической крышки и затем начинает свой обратный ход к кривошипу.

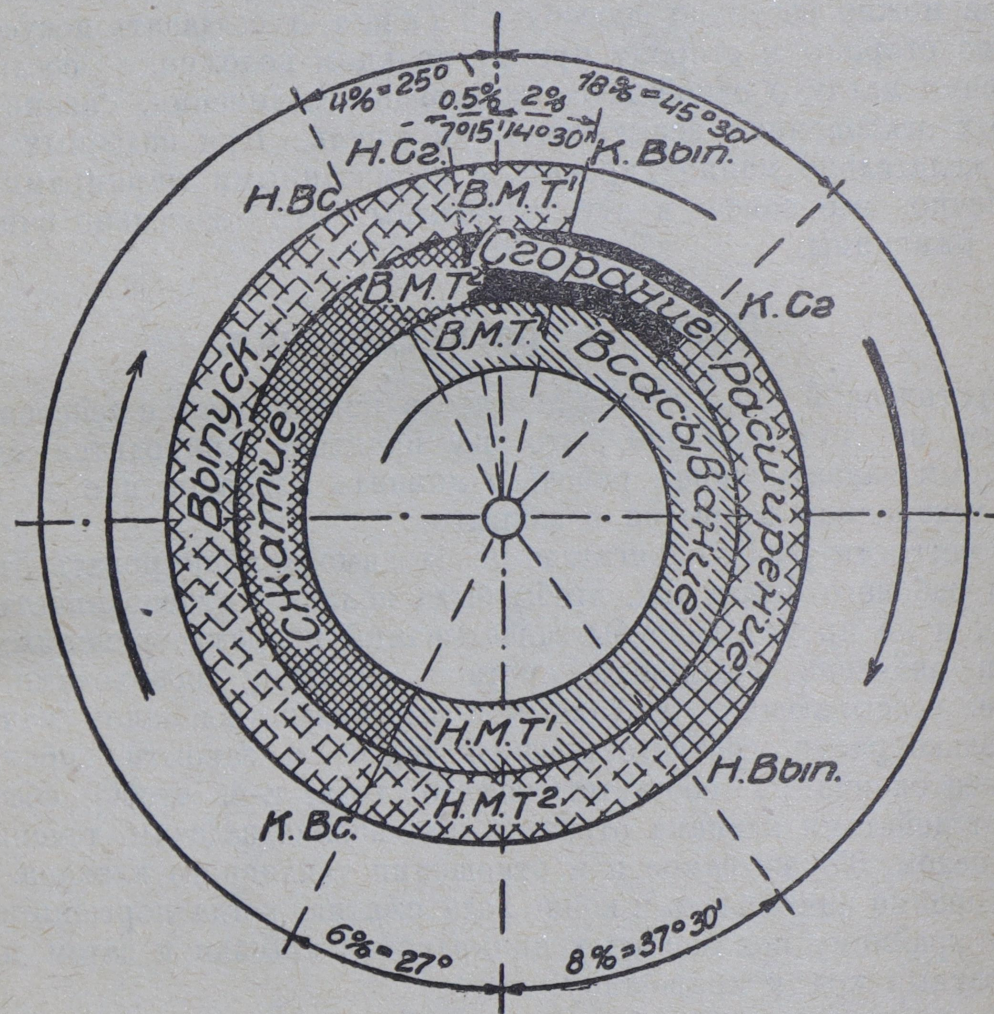
Однако, установка этих опережений и запаздываний подчинена известным законам и не может быть произвольно выбираема в широких пределах. Если мы будем производить впуск горючего слишком рано, то получим в результате вредное и даже опасное встречное противодействие; ряд других неправильностей получается и в отношении других клапанов.

Задача предускорения впуска в двигателях жидкого топлива состоит в том, чтобы воспламенение смеси могло образовать давление газов на поршень точно в тот момент, когда поршень стоит в крайнем верхнем положении и начинает нисходящий ход. Таким образом, цель опережения впуска — это выигрыш времени, необходимый для проведения ряда меха-

нических, химических и термических процессов, в результате которых в нужный момент может быть получена уже работа.

В силу изложенных обстоятельств управляющим распределением органам, как-то кулачным шайбам или эксцентрикам, придается некоторое угловое смещение.

Величины опережений и запаздываний зависят от целого ряда причин и приведение обобщающих цифровых данных было бы затруднительно. Многое зависит от конструкции двигателя, числа его оборотов; теплотворной способности, текучести и рода топлива и других факторов.



Фиг. 746.

Как уже говорилось, для каждого двигателя завод-производитель сам назначает фазы распределения и, кроме того, дает эти фазы в цифровых данных для сведения. Если бы последнего не было сделано, нужно потребовать эти данные.

Приведем для примера схему установки распределения четырехтактных двигателей Дизеля, работающих с числом оборотов от 120 до 150 в минуту и потребляющих топливо с теплотворной способностью, примерно, в 10 000 калорий при нормальной текучести.

На фиг. 746 мы имеем кривую в виде спирали, которая характеризует два оборота коренного вала в один рабочий цикл (так как двигатель—четыретактный). На спирали имеются две верхних мертвых точки, отмеченные через В. М. Т.¹ и В. М. Т.² и две нижних мертвых точки, отмеченные через Н. М. Т.¹ и Н. М. Т.². Начало всасывания отмечено через Н. Вс.; начало сгорания—через Н. Сг.; начало выпуска—через Н. Вып.; конец всасывания—через К. Вс.; конец сгорания—через К. Сг.; конец выпуска через К. Вып.

На нижеприведенной таблице дана сводка относительного положения клапанов, в которой величины опережения и запаздывания выражены в процентах от длины хода поршня и в градусах углового движения коренного вала.

I. Таблица фаз распределения.

Наименование клапана	В % от длины хода поршня	По отношению к мертвой точке
Начало открытия		
Всасывающий воздушный . . .	4	до В. М. Т. ¹
Форсуночный	1/2	до В. М. Т. ²
Выпускной	8	до В. М. Т. ¹
Начало закрытия		
Всасывающий воздушный . . .	6	после Н. М. Т. ¹
Форсуночный	18	после В. М. Т. ²
Выпускной	2	после В. М. Т. ²

Из графика и таблицы видно, что начало открытия всасывающего воздушного клапана происходит приблизительно на 4% длины хода поршня до прихода его в верхнюю мертвую точку первого такта (В. М. Т.¹), причем клапан остается в открытом положении на протяжении всего первого хода поршня до достижения им нижней мертвой точки (Н. М. Т.¹), оставаясь открытым на протяжении 6% длины хода поршня после прохождения этой точки, т.-е. второго такта. Сжатие происходит на протяжении всего второго такта. Форсуночный клапан открывается в самом конце второго такта, примерно в 1/2% длины хода поршня до В. М. Т.², когда и начинается впрыскивание топлива в цилиндр, причем форсунка остается открытой на протяжении приблизительно 18% после прохода поршнем В. М. Т.².

Расширение заканчивается до прихода поршня в Н. М. Т.² и выпускной клапан начинает открываться приблизительно за 8% длины хода не доходя этой точки и закрывается на 2% после прохождения В. М. Т.¹.

Таким образом, впускной воздушный и выпускной остаются открытыми некоторое время совместно, причем открытие и закрытие первого не совпадает по времени с закрытием второго.

Для быстроходных двигателей средние значения открытия и закрытия клапанов в процентах хода поршня от верхней или нижней мертвой точки приведены в таблице II.

II. Таблица фаз распределения.

Наименование клапана	В % от длины хода поршня	По отношению к мертвой точке
Н а ч а л о о т к р ы т и я		
Всасывающий воздушный . . .	4	до В. М. Т. ¹
Форсуночный	$\frac{1}{2}$ —1	до В. М. Т. ²
Выпускной	10	до Н. М. Т. ²
Пусковой	0—5	до В. М. Т. ¹
Н а ч а л о з а к р ы т и я		
Всасывающий воздушный . . .	3	после Н. М. Т. ¹
Форсуночный	12—15	после В. М. Т. ²
Выпускной	2	после В. М. Т. ²
Пусковой	10	до Н. М. Т. ¹

Относительно заводских отметок укажем, что на шатуне (на кривошипной головке) должны иметься насечки, точно определяющие как мертвые положения кривошипа и поршня, так и величины предварения впуска топлива. При установке или проверке распределения (правильности предварения впуска, и, следовательно, начало воспламенения) практически очень удобно пользоваться именно заводскими рисками, намеченными на шатуне.

Окончательная регулировка и поверка распределения производится уже после пуска двигателя в пробную работу посредством индцирования, аналогично тому, как это делается в паровых машинах, о чем говорилось в томе I и будет сказано дальше при разборе диаграмм двигателей внутреннего сгорания. Только индцированием цилиндров можно получить окончательную уверенность в правильности произведенной сборки.

Регулирование.

В паровых машинах регулирование хода достигается или изменением степени наполнения или мятием пара, но в двигателях внутреннего сгорания регулирование может производиться не только путем некоторого изменения силообразования, но и полным его временным

прекращением, что, между прочим, составляет особенность регулирования двигателей внутреннего сгорания.

Мы не будем останавливаться на всех возможных способах регулирования и отметим вкратце наиболее широко применяющиеся на практике принципы, а именно:

1. Регулирование пропусками вспышки.
2. Качественное регулирование.
3. Количественное регулирование.
4. Смешанное регулирование (способом изменения состава и количества рабочей смеси).

1. Регулирование пропусками вспышки. Из всех принципов наиболее характерным является настоящий способ, однако применяемый только для небольших машин быстрого сгорания, так как им вызывается некоторая неравномерность хода, заметно дающая себя чувствовать с повышением мощности двигателя.

Работа регулятора происходит таким образом, что при повышении нормального числа оборотов двигателя, например, при уменьшении нагрузки, подача горючего временно прекращается, вследствие чего выпадает одна или несколько вспышек, т.-е. рабочих ходов. Движение машины в этот период происходит исключительно за счет накопленной энергии в маховике. Понятно, что эта энергия постепенно изсякает, ход машины замедляется, но по достижении нормальной величины хода регулятор снова начинает подавать топливо в цилиндр и двигатель начинает работать за счет энергии цилиндра.

При этом способе регулирования количество и состав рабочей смеси, поступающей в цилиндр, остаются постоянными и совершенно не зависят от степени нагрузки двигателя.

Прекращение вспышек достигается различными путями, что зависит от конструкции регулирующей и распределительной части двигателя.

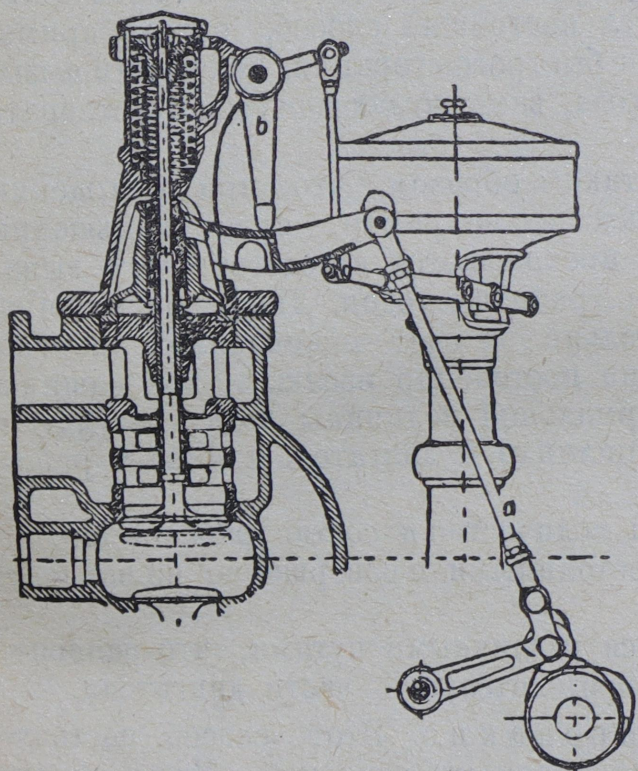
2. Качественное регулирование. Этот способ состоит в регулировании путем изменения пропорции рабочей смеси. Вес и объем смеси, засосанной в цилиндр, остаются постоянными, но состав ее меняется в зависимости от нагрузки двигателя; так, с уменьшением нагрузки количество газа в пропорции уменьшается, а воздуха — увеличивается и, наоборот, с увеличением нагрузки количество газа увеличивается, а воздуха — уменьшается. Этот способ мы видим на фиг. 744, где показаны и управляющие распределительные органы.

Способ качественного регулирования по некоторым причинам почти непригоден для четырехтактных двигателей и применяется главным образом в двухтактных газовых двигателях.

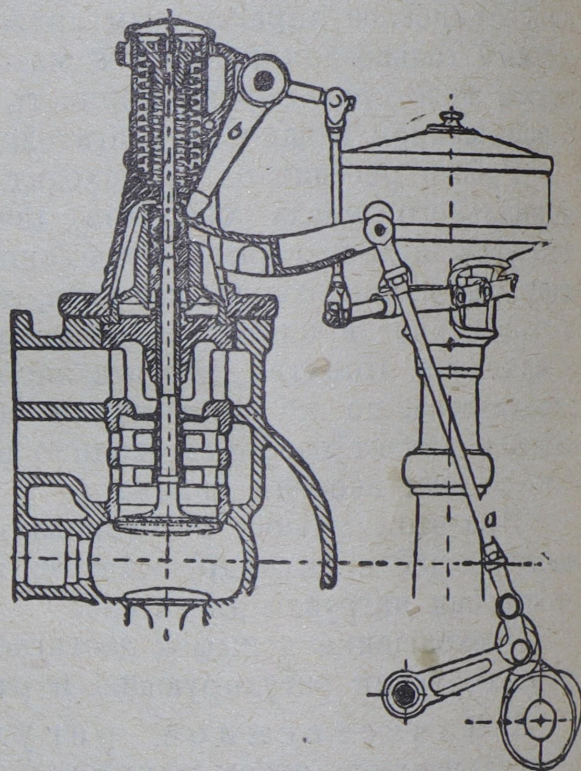
3. Количественное регулирование. Принцип количественного регулирования в двигателях внутреннего сгорания наиболее принят. При этом способе состав рабочей смеси остается неизменным, но количество ее меняется в соответствии с нагрузкой двигателя.

На фиг. 747—748 представлена примерная конструкция органов распределения и регулирования (небольшого газового двигателя).

Здесь не имеется самодействующего — смесительного клапана (как в конструкции по фиг. 741), каковой заменен смесительной камерой, помещающейся в самом корпусе клапана. Шпindel держит всасывающий и газовый клапаны, работающие одновременно, при чем всасывающий приводится рычагом от кулачной шайбы распределительного вала. Этот рычаг поворачивается около конца рычага *b*, удерживаемый в определенном положении регулятором. При повышении муфты регулятора конец рычага *b* отклоняется все левее и подъем всасывающего и газового клапанов становится все меньше, чем уменьшается и весовое количество всасывающей рабочей смеси.



Фиг. 747.



Фиг. 748.

В нефтяных двигателях регулятор действует на топливный насос и в зависимости от нагрузки двигателя повышает или сокращает подачу топлива в форсунку, которая гонит его дальше в камеру сгорания цилиндра.

4. Смесанное регулирование (способом изменения состава и количества рабочей смеси) заключается в комбинировании двух вышеприведенных: качественного и количественного.

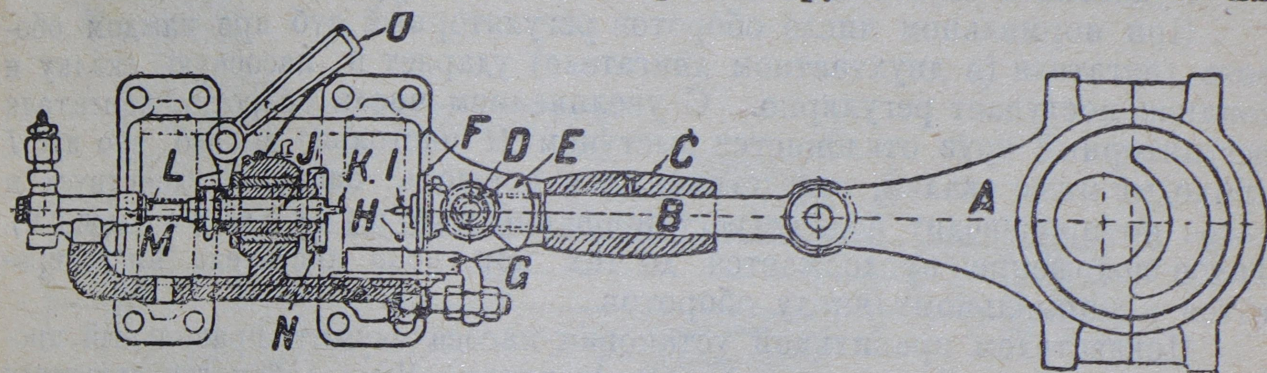
В зависимости от нормальной нагрузки, например начиная с наибольшего числа оборотов, сначала уменьшается подача топлива, а затем — количество рабочей смеси. Допускают также, например, при малых нагрузках, сначала более богатую горючим смесь, чем устраняется затруднение вспышки, а затем — более бедную. Может быть изменяемо и давление сжатия, чем достигается хорошее воспламенение, небольшое же содержание в смеси топлива предохраняет от преждевременной вспышки.

Данный способ регулирования применяется главным образом в крупных газовых двигателях.

Конструкции и способ действия регуляторов, их особенности в работе и установка были подробно освещены в томе I.

При установке регулятора на место необходимо проверить действие и правильное распределение смазки, равно как и убедиться в легкой подвижности всех его шарниров, рычагов и других передаточных механизмов.

В новой машине регулятор доставляется как вполне собранный и выверенный для данного двигателя прибор. Разбирать его без нужды совершенно не следует, нужно убедиться только в вышеизложенном. Старые регуляторы, уже бывшие в работе, нужно разобрать, внимательно осмотреть и проверить, тщательно очистить от грязи керосином и подвижные детали смазать. Приемы прочистки и проверки регулятора всецело зависят от его конструкции. При обнаружении изношенных или



Фиг. 749.

внушающих опасения частей, нужно их заменить, приобретая у специальной фирмы или озаботившись изготовлением, при возможности, своими средствами. В случае сомнения в возможности правильной и надежной работы в течение продолжительного времени лучше всего установить новый регулятор.

В двигателях Дизеля и крупных нефтяных регуляровка производится посредством промежуточного валика, монтированного между регулятором и нефтяным насосом. Многоцилиндровые двигатели снабжаются отдельными насосами для топлива для каждого цилиндра и промежуточный валик опирается на специальные подшипники, укрепленные в станинах. Эти подшипники должны быть надлежащим образом выверены, иначе валик может заедаться и тормозить регулятор, что нарушит правильное функционирование прибора, а вместе с ним — и двигателя.

Если регулятор разбирается, необходимо точно заметить для восстановления при последующей сборке длину всех его пружин и сочленений, сохранив число оборотов. Нарушение соотношений деталей нарушит всю точность регулировки.

В двигателях быстрого сгорания применяются конструкции регуляторов в соединении с топливным насосом (для тяжелого жидкого топлива), одна из которых схематически изображена на фиг. 749 (от двигателя Мунктель).

Здесь эксцентрик *A* шарнирно соединен с тягой *B*, движущейся во втулке *C* и оканчивающейся прикрепленной к ней цапфой *D*, вокруг которой вращается регуляторный груз *E* с часовым механизмом и распределительной плиткой *G*, при движении скользящей вдоль регуляторной площадки с уступом *H*. Регуляторный зуб *I*, укрепленный к регуляторному грузу *E*, ударяет при рабочем ходе лезвие *K* скалки и заставляет двигаться поршень насоса *L*, подающий благодаря этому заряд топлива в цилиндр. Обратный ход регуляторного зуба *I* освобождает лезвие насосной скалки, равно как и поршень, который возвращается в прежнее положение под действием пружины *M*. При этом ходе поршня насос всасывает новый заряд нефти.

Винт *N* служит для регулирования хода поршня и подачи определенных порций топлива, а также для направления насосной скалки.

Рукоятка *O* служит для закачки топлива от руки.

При нормальном числе оборотов регуляторный зуб при каждом обороте двигателя (в двухтактном двигателе) ударяет в насосную скалку и топливо поступает регулярно. С увеличением числа оборотов двигателя регуляторный груз отклоняется выступом *H* настолько высоко, что зуб *I* проходит мимо скалки, вследствие чего поршень насоса бездействует и насос не производит подачу (регулирование пропуском в пыхи). Такое положение продолжается до тех пор, пока двигатель не возвратится к нормальному числу оборотов.

Показателем правильной установки насоса служит правильный пропуск, совершаемый через 5—6 подач топлива. Число оборотов двигателя зависит от положения выступа *H* и, таким образом, передвижениями регуляторной площадки в ту или иную сторону можно регулировать число оборотов двигателя даже во время его хода. Число оборотов возможно регулировать и регуляторной пружиной, ибо от нее зависит степень прижатия направляющей пластинки ползушки к регуляторной площадке.

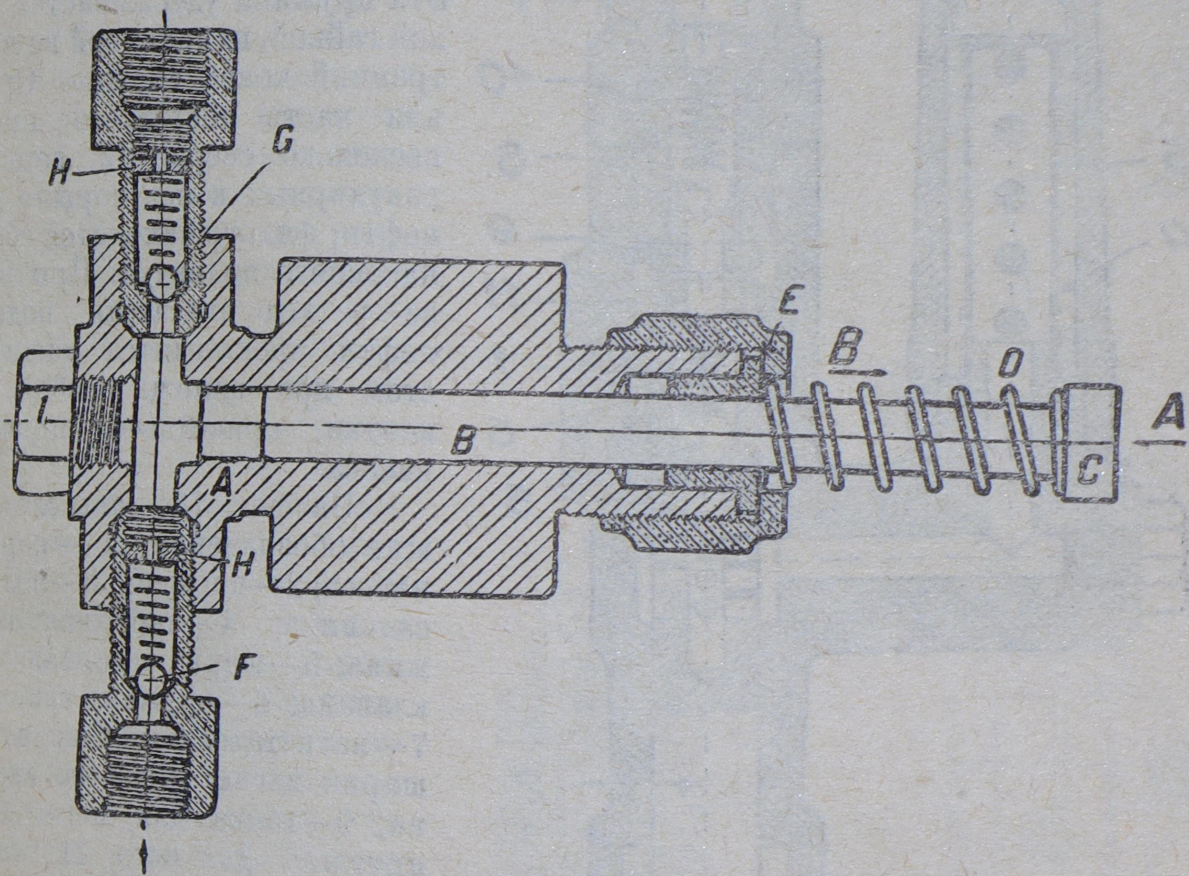
Длина хода поршня нефтяного насоса устанавливается путем изменения длины эксцентриковой тяги.

Нефтяные насосы.

Нефтяные топливные насосы имеют чрезвычайно своеобразную конструкцию, вызываемую весьма малым количеством заряда, потребного для каждого рабочего хода, каковое обстоятельство не позволяет применять обычных форм.

Насосы двигателей быстрого сгорания несколько отличны от насосов двигателей Дизеля. В первых обычно отсутствует принцип принужденного распределения у отдельной форсунки и выполнение роли своевременной принужденной подачи топлива возлагают на насос. В мелких двигателях встречается часто полное отсутствие отдельных насосов, топливо же засасывается при помощи рабочего поршня в цилиндр или калоризатор. В таких случаях установка резервуара для топлива производится на высоте 0,5—1,5 м над выходным отверстием, если топливо не подается к низу под давлением сжатого воздуха.

Приводим несколько конструктивных форм насосов. На фиг. 750 изображен насос для нефтяного топлива двухтактного двигателя быстрого сгорания, состоящий из цилиндрика *A*, внутри которого движется поршень *B*, имеющий снаружи головку *C*, в которую упирается пружина *D*, стремящаяся выдвинуть поршень наружу; *E* — сальник, помещенный снаружи. Нефть подводится с низу насоса, проходя через шаровой клапан *F*; питание форсунки происходит сверху через нагнетательный шаровой клапан *G*. Шарики клапанов прижимаются к своим гнездам пружинами, упирающимися в гайки *H*; эти гайки имеют в середине отверстие для

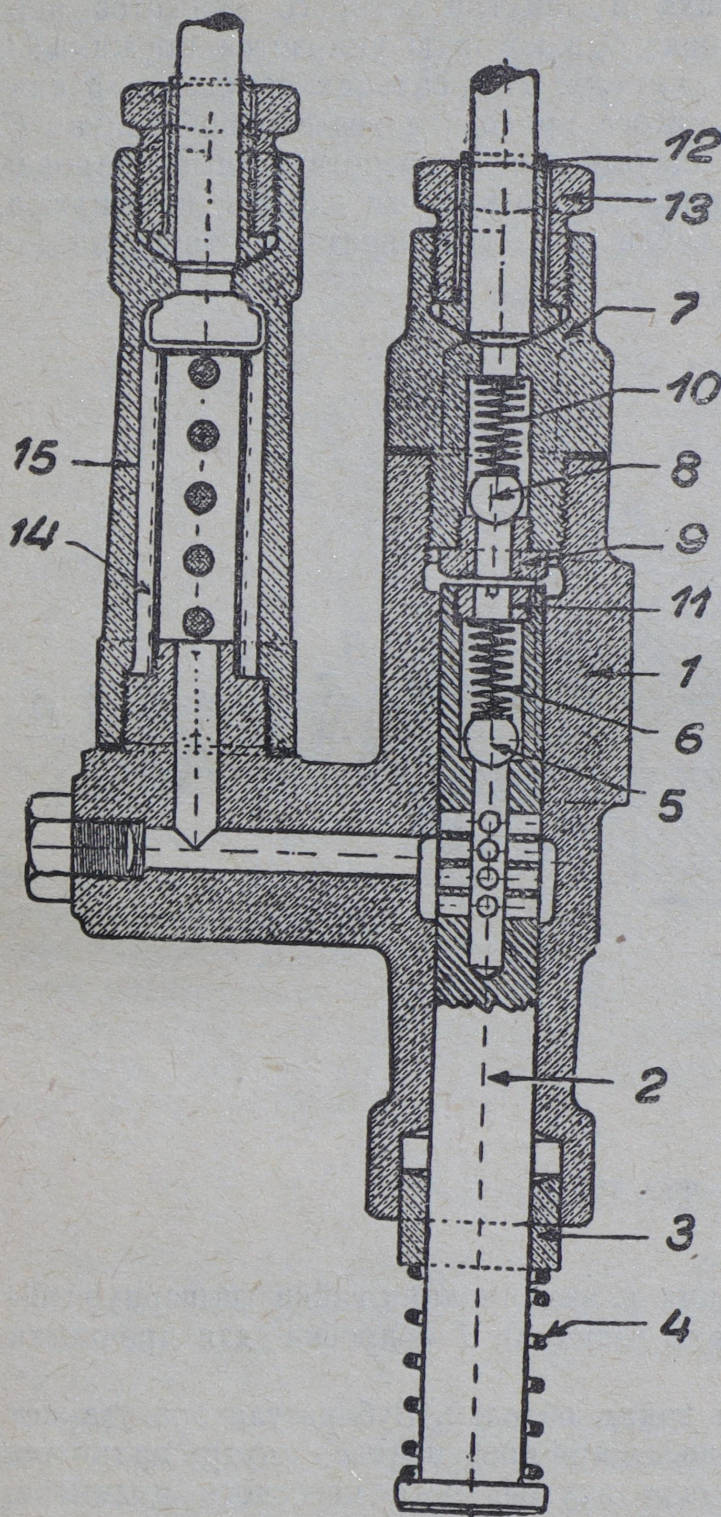


Фиг. 750.

прохода нефти и для вывинчивания и ввинчивания гайки (вывернув гайку, извлекается пружина и шарик клапана); *I* — пробка для прочистки насоса.

Действие насоса происходит таким образом. Зуб регулятора ударяет в головку *C* поршня, заставляя последний продвинуться внутрь цилиндра, вследствие чего нефть, заполняющая внутренность насосного цилиндра, выдавливается через нагнетательный клапан *G*, открывающийся наружу; пройдя через трубку, нефть подается форсункой в цилиндр двигателя. После того, как зуб регулятора отходит от головки *C*, пружина *D* заставляет поршень выдвигаться наружу, вследствие чего всасывающий клапан *F* открывается внутрь и пропускает нефть в насосный цилиндр.

На фиг. 751 изображен нефтяной насос с фильтром двухтактного вертикального двигателя „Аванс“, довольно у нас распространенного.



Фиг. 751.

Описание установки мы будем вести исходя из этой конструкции, как характерной для двигателей Дизеля, машин наиболее сложных и ответственных.

Принцип и здесь тот же. Однако, поршневая скалка имеет просверленный канал, в одном конце которого сидит нагнетательный клапан; внутри поршня имеется полость, снабженная седлом для шарика, прижимаемого к седлу пружиной. Эта пружина удерживается полкой гайкой, ввинченной во внутренний конец поршня. Средняя часть последнего имеет несколько сверлений, перпендикулярных к оси поршня для нефти; фильтр находится сбоку насосного цилиндра. При пуске в ход двигателя подача нефти производится машинистом при помощи особой рукоятки, приводящей поршень насоса.

На фиг. 751 даны следующие обозначения: 1 — корпус насоса; 2 — поршень; 3 — кольцо сальника; 4 — наружная пружина; 5 — шарик всасывающего клапана; 6 — пружина клапана; 7 — нагнетательный клапан; 8 — шарик нагнетательного клапана; 9 — гайка для него; 10 — пружина для него; 11 — гайка для поршня; 12 — конус для нефтяной трубки; 13 — гайка для нее; 14 — фильтр нефтяного насоса; 15 — гильза фильтра.

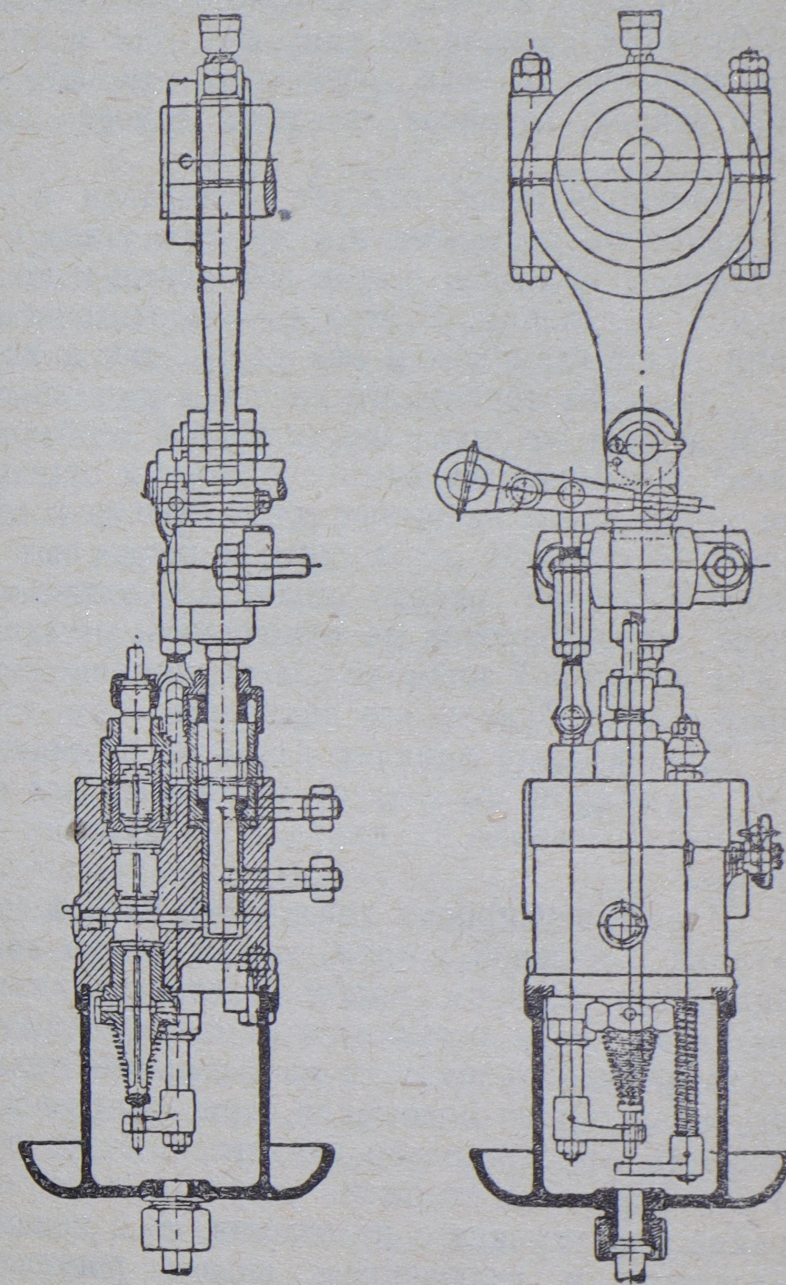
Приблизительно такого же типа и принципа работы являются и насосы двигателей Дизеля, одна из конструкций коих в общем виде и разрезе показана на фиг. 752 (см. так же фиг. 714).

Топливный насос, а иногда и масляный, должен быть выверен в связи с работой регулятора и в соответствии с положениями коренного вала. Необходимо отрегулировать насос таким образом, чтобы при наивысшем положении регулятора насос прекращал подачу топлива в форсуночный трубопровод; даже больше, в целях общей предосторожности установку насоса ведут с тем, чтобы прекратить нагнетание при положении регулятора, приблизительно на 3 мм ниже его наивысшей точки.

Для этого необходимо установку произвести так, чтобы регулятор в нужные моменты держал открытым всасывающий клапан насоса, что достигается при помощи регулирующего стержня. Нужно установить эксцентрик насоса в нижней мертвой его точке, а муфту регулятора (или вообще положение последнего) устанавливают так, чтобы он находился на 3 мм ниже своего высшего положения. На регулирующем стержне имеется гайка с правой и левой резьбой, посредством которой устанавливают стержень в положение, при котором он открывал бы на небольшую величину всасывающий клапан, примерно на 0,1 мм.

При таком способе установки, регулирующий стержень в моменты достижения двигателем предельного числа оборотов будет держать всасывающий клапан насоса открытым, каковое обстоятельство вызовет прекращение подачи топлива в цилиндр двигателя.

Нормальная работа двигателя должна сопровождаться подачей точно определенного количества топлива (при способе количественного регулирования) и в этом случае топливный насос должен работать автоматически, т.-е. без воздействия регулятора, почему регулирующий стержень



Фиг. 752.

не должен касаться в данном случае всасывающего клапана. С этой целью необходимо монтировать эксцентрик насоса в высшей мертвой точке, при каковом положении регулирующий стержень не должен в это время касаться всасывающего клапана, допуская между ними даже зазор в 0,1 мм.

Последнее условие не так существенно при установке насосов, как условие прекращения подачи в том случае, когда положение регулятора несколько ниже своего наивысшего положения, что нами отмечено выше. Конструкции насосов по типу фиг. 714 и 752 рассчитываются с известным запасом, и если регулятор откроет немного всасывающий уже ранее клапан, то насос все-таки сумеет подать необходимую порцию нефти.

Монтируя насос, следует стремиться к тому, чтобы регулирующий стержень был поставлен под прямым углом к соединенному с ним рычагу регулятора, находясь в этом положении, когда регулятор находится в своем среднем положении. В этом случае отклонение рычага регулятора в действии будет одинаковым как вверх, так и вниз.

Установка топливного насоса в многоцилиндровых машинах производится по тем же правилам, но с той особенностью, что приходится считаться с индивидуальными свойствами отдельных цилиндров. Для этого при пуске в ход включают насос только в один из цилиндров, тогда как другие — работают вхолостую, и проверяют число оборотов двигателя. После проверки одного цилиндра включают и второй, следя за тем, чтобы число оборотов не изменилось, регулируя соответственно подачу нефти во второй цилиндр. Затем включают третий цилиндр и т. д., проверяя таким образом все цилиндры.

Если каждый цилиндр питается отдельным насосом, вернее отдельным плунжером, то следует установить все насосы одинаково, определив крайнее положение плунжера и не изменяя при этом положения регулятора.

Итак, регулировка топливного насоса должна всегда производиться начиная с нулевой подачи, т.-е. с такого положения органов регулирования, при котором подача топлива в цилиндр прекращается вполне. Раздвигая грузы регулятора (вставив между ними деревянный брусок) муфта должна находиться на несколько миллиметров ниже своего верхнего предельного положения, при котором массы регулятора имеют возможность еще несколько разойтись. Затем вращают кривошип двигателя до тех пор, пока стержень регулируемого насоса не достигнет своего крайнего внутреннего положения, т.-е. конца хода нагнетания. В этом положении и включенном насосе регулятор устанавливается таким образом, чтобы отсекатель только касался закрытого всасывающего клапана.

В старых двигателях, в которых насосы работали продолжительное время и можно думать, что они в достаточной мере изношены, следует проверить решительно каждую деталь, обратив при этом также внимание на состояние места, в которое ударяет отсекатель и всасывающий клапан. Вследствие постоянных ударов отсекателя о клапан и вызы-

ваемого этим износа поверхности в месте соприкосновения, на клапане образуются углубления, каковое обстоятельство влечет за собой неравномерность работы двигателя, так как зуб отсекателя обычно не попадает равномерно в одно и то же место клапана, попеременные же удары по углублению или по буртику поверхности клапана нарушают стройность работы.

Исправить поверхность всасывающего клапана следует опиловкой и пришлифовкой, после которых поверхность соприкосновения должна стать плоской (ровной). При поворачивании всасывающего клапана вокруг оси, между его поверхностью и отсекателем должен сохраняться все время определенный постоянный зазор. Исправление всасывающего клапана опиливанием влечет за собой регулировку топливных насосов.

Изношенный плунжер, уже не допускающий хорошего уплотнения на продолжительное время, необходимо удалить и заменить новым.

Топливные насосы, в которых регулирование хода плунжера производится клином, смазка последнего, равно как и его направляющих, не производится. В работе нужно обращать внимание, чтобы не попадало масло на рабочие части клина, иначе будут вызваны скачки последнего.

Проба клапанов на плотность производится сжатым воздухом или керосином. В последнем случае корпус клапанов с закрытыми клапанами нужно поставить в отвесное положение и затем налить внутрь корпуса чистый керосин. Корпус и клапаны до этого следует насухо вытереть тряпкой; наливать керосин нужно очень осторожно, чтобы не перелить через край и этим испортить все наблюдения. Следя за просачиванием керосина через клапан, наблюдают, дает ли последний капание. Плотный клапан не только не должен давать капель, но не должен даже делаться влажным.

Если хотят испытать плотность клапанов форсуночным сжатым воздухом, то проверку, например, всасывающего клапана и уплотнения скалки производят так: вынимают нагнетательные клапаны, после чего, при закрытой игле форсунки, пускают сжатый воздух по топливопроводу до насоса. При неплотностях начнет выявляться утечка воздуха, обнаруживаемая по свисту или по миганию огня свечи, поднесенной к сомнительному месту, или по устойчивости манометрической стрелки (в этом случае баллон разобщается от других и давление в нем замечается по манометру).

Неплотности в нагнетательных клапанах обнаруживаются утечкой воздуха через открытый всасывающий клапан. При закрытом всасывающем клапане цилиндр насоса наполняется сжатым воздухом, благодаря чему усилие открыть всасывающий клапан остается тщетным.

Притирка клапанов ведется на полировальной массе; решительно следует избегать других, более грубых составов, применяемых для клапанов двигателя или даже компрессора.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Охлаждение двигателей.

Охлаждающие устройства.

Во всех существующих конструкциях стационарных двигателей внутреннего сгорания приходится иметь дело со столь значительными температурами, что избежать искусственного охлаждения двигателя нет никакой возможности. Отсутствие или нарушение правильной циркуляции охлаждения ведет к порче машинных частей, имеющих соприкосновение с горячими газами или находящимися под их воздействием. Кроме того, без искусственного охлаждения нет возможности придумать такую систему смазки цилиндра, при которой бы она не диссоциировалась. Результатом же диссоциации будет то, что поршень окажется без смазки, что образуется чрезмерное трение и быстрое изнашивание машинных частей двигателя.

Охлаждение в двигателях внутреннего сгорания достигается либо обтеканием воздуха — воздушное, либо циркуляцией воды — водяное. Первый способ не применяется в стационарных двигателях, так что нам придется остановиться только на втором.

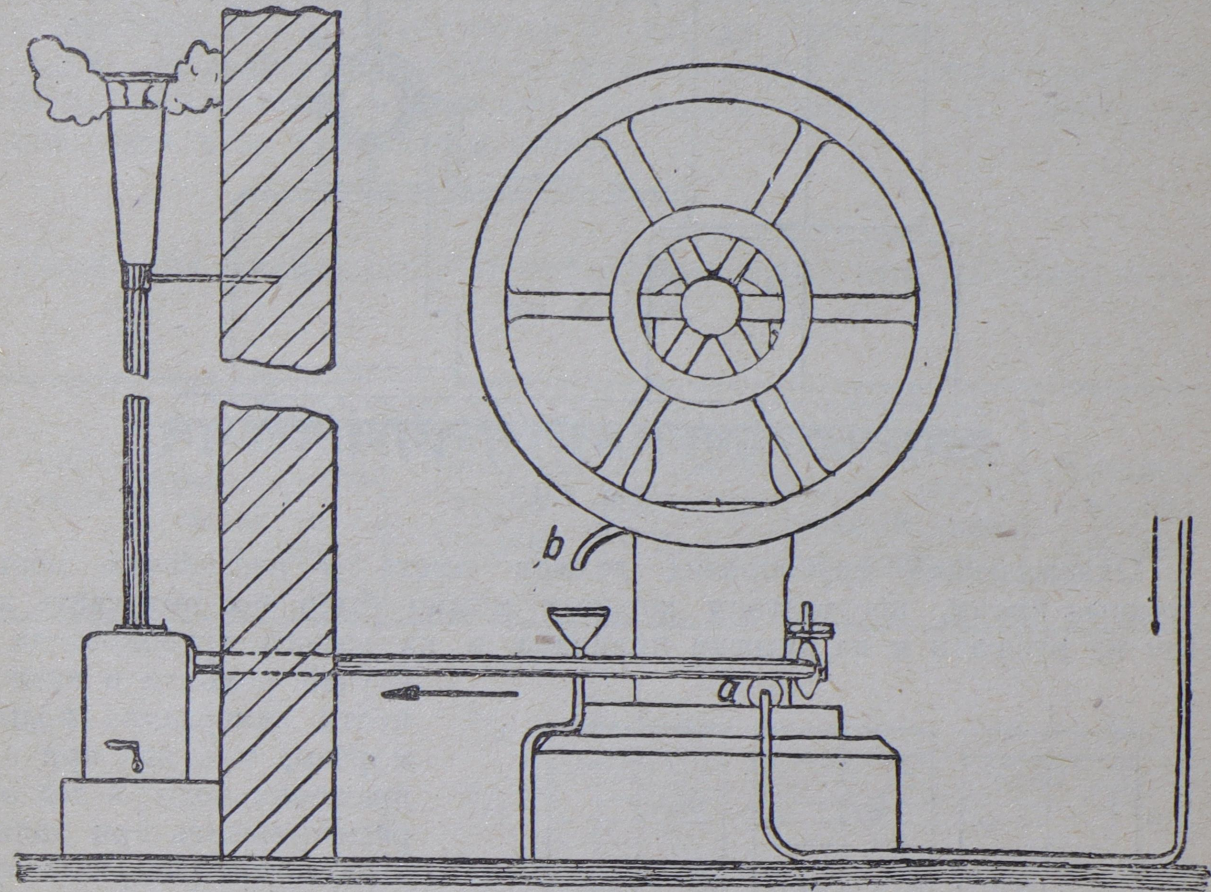
В двигателях приблизительно до 100—120 л. с. ограничиваются охлаждением только цилиндра, его крышки и компрессора (в дизелях); поршень и шатун, будучи обтекаемы притоком свежего воздуха, достаточно им охлаждаются сами по себе. Крупные двигатели, тем более двойного действия, требуют искусственного охлаждения не только цилиндров, поршней, шатунов и штоков, но и выхлопного клапана с его трубопроводом (на протяжении нескольких метров от крышки к глушителю).

Охлаждающая вода подводится к нижней части цилиндра и отводится с верхней. При охлаждении поршней, шатунов, штоков и крейцкопфов устраивается особая для них система подвода и отвода воды (порознь или в блоке нескольких деталей), независимая от системы цилиндра.

Водоохлаждающих систем в двигателях внутреннего сгорания существует несколько, выбор одной из которых целиком зависит от местных особенностей и величины двигателя. Эти системы следующие:

1. Система охлаждения водой из водопровода, спускаемой в сток после однократного ее использования.
2. Система повторного охлаждения той же водой при помощи отвода ее в особые баки (способом естественной циркуляции благодаря разнице в температурах), где вода охлаждается и затем снова поступает в работу и т. д.

3. То же, но с циркуляцией посредством ребристых батарей.
4. Система повторного использования с отводом воды в башенный охладитель (градирню), с подачей и отводом насосами.
5. Система подачи воды из естественного или искусственного водоема насосом от самого двигателя (с ordinaryным использованием воды).
6. Система охлаждения посредством отнятия тепла через испарение воды, в особом испарителе (при непрерывном пользовании водой до ее испарения и некотором добавлении на возмещение от испарения).

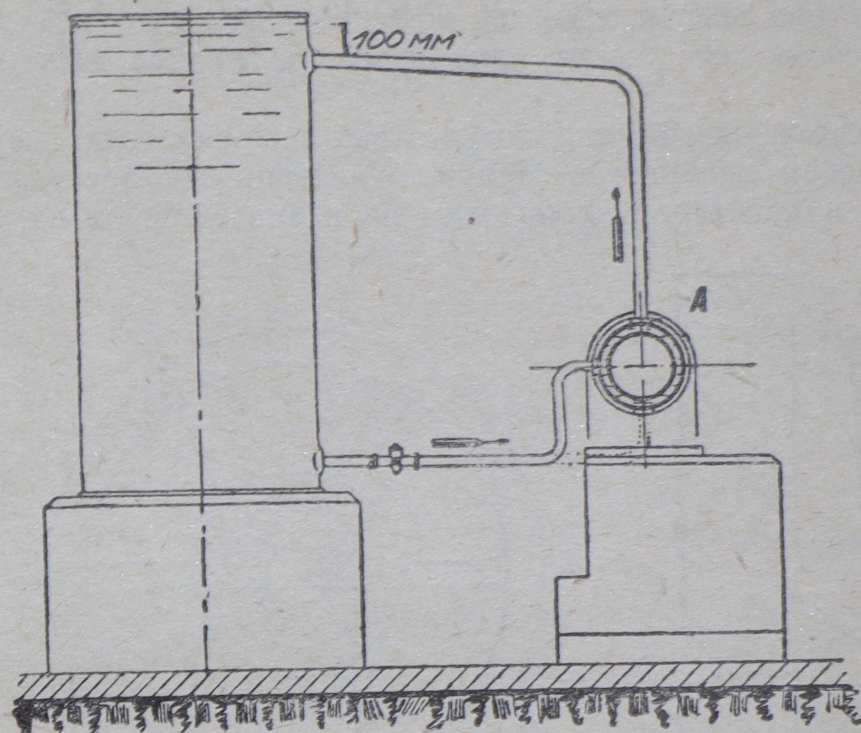


Фиг. 753.

1. Простейшим и наиболее удобным видом охлаждения двигателя является способ подачи воды из водопровода с последующим отводом ее в сток. Однако, этот способ хорош, во-первых, при наличии водопровода с достаточным дебетом, во-вторых, при условии недорогого тарифа на воду, и, в-третьих, — наличности поблизости удобного отвода использованной воды в сточный канал.

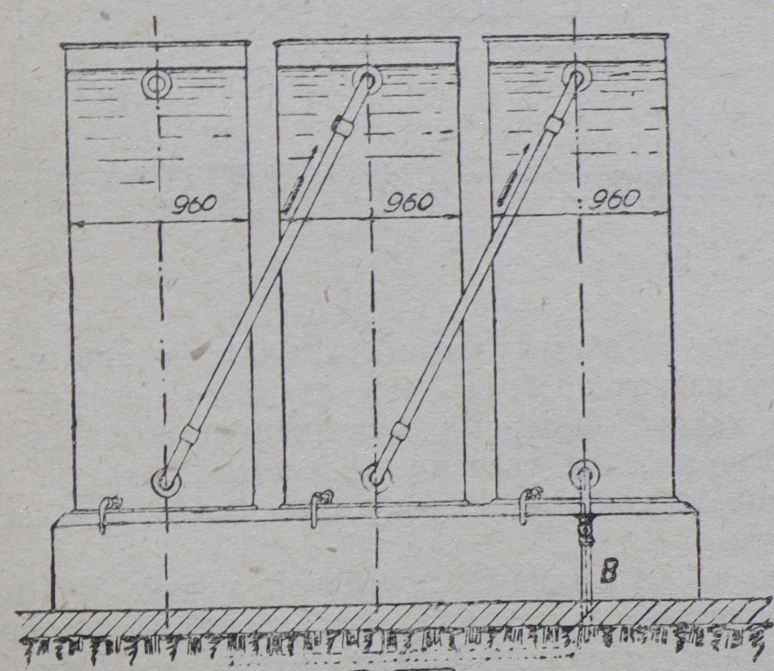
Фиг. 753 показывает способ охлаждения проточной водой. В этом случае водопроводную магистраль соединяют с трубопроводом соответствующего диаметра к приемнику *a* цилиндра двигателя; отвод отработанной воды из цилиндра осуществляется при помощи трубы *b*, которая недалеко от цилиндра должна иметь разрыв, а продолжение ее — воронку.

По току воды и ее температуре в месте разрыва удобно следить за правильностью циркуляции и температурой выхода.



Фиг. 754.

Охлаждающий трубопровод должен иметь в нескольких местах спускные краны, посредством которых можно было бы выпускать всю воду из рубашки и из крышки цилиндра и из самого трубопровода на



Фиг. 755.

случай ремонта и возможности замерзания воды в морозы, так как при превращении воды в лед она, расширившись при таянии льда, может разорвать трубы, а также повредить и цилиндр.

2. На фиг. 754 изображено устройство с естественной циркуляцией воды, осуществляемое при помощи одного бака, а на фиг. 755 — при помощи нескольких.

Эта система очень часто применяется за неимением достаточного количества водопроводной воды или ее дороговизны. Сво-

бодная циркуляция происходит в силу разности плотностей воды, обусловленной разностью температур, при которой жидкости с более легким удельным весом стремятся занять место выше жидкостей с более тяжелым. На фиг. 754 стрелки показывают циркуляцию воды относительно цилиндра А; на фиг. 755 стрелки указывают направление циркулирующей воды между баками. Здесь мы видим, что теплая вода, имея удельный вес меньший, нежели более холодная, стремится вверх и, таким образом, переходит из бака в бак; из цилиндра вода поступает в левый бак, откуда, несколько охладившись, проходит в средний, затем, еще более здесь охладившись, поступает в крайний правый, откуда, окончательно охладившись, по трубопроводу В — проходит снова в цилиндр двигателя.

Для руководства при выборе диаметров труб при устройстве системы охлаждения на вылив, предлагаем следующую таблицу (от водопровода к двигателю и от двигателя к стоку).

Диаметры подводящих и отводящих труб при охлаждении на вылив.

Мощность двигателя в д. л. с.	Подводящая труба (внутренний диам. в дюймах)	Отводящая труба (то же)	Мощность двигателя в д. л. с.	Подводящая труба (внутренний диам. в дюймах)	Отводящая труба (то же)
5—6	1/2	3/4	20	1	1 1/4
8	1/2	3/4	25	1	1 1/4
10	3/4	1	30	1	1 1/4
12	3/4	1	35	1 1/4	1 1/2
15	3/4	1	50	1 1/4	1 1/2
18	3/4	1			

При мощностях свыше 50 л. с. следует руководствоваться заводскими данными.

Для руководства в выборе числа и размеров баков при охлаждении способом циркуляции, можно пользоваться следующей таблицей.

Число и размеры баков.

Мощность двигателя в л. с.	Число баков	Высота баков в мм	Диаметр баков в мм
5	1	2 500	950
6	2	2 000	950
8	2	2 000	950
10	2	2 500	950
12	2	3 000	950
14	3	2 500	950
16	3	3 000	950
20	3	3 000	950
25	4	3 000	1 000
30	4	3 500	1 000

быть применена система баков, можно считать приблизительно 30 — 35 л. с.

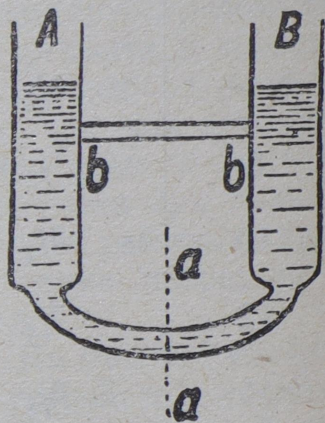
Установка баков должна быть произведена возможно выше относительно машины. Трубопроводы не должны иметь слишком крутых изгибов, увеличивающих сопротивление в трубах. Уровень воды в приемном баке должен возвышаться над устьем верхней трубы приблизительно на 100 мм (фиг. 754). Если уровень понизится и откроет просвет трубы в баке, то циркуляция воды прекратится, чем будет серьезно нарушено правильное функционирование процесса охлаждения. Возобновиться циркуляция может только при наполнении бака водой извне до уровня, перекрывающего устье трубы.

В самом деле, вообразим себе 2 сообщающихся сосуда *A* и *B* наполненных водой (фиг. 756); если подогреть правую часть *B*, то плотность воды в ней уменьшится (плотность воды при 0° равна 1, при 70° — 0,978), и следовательно в этом колене уровень жидкости был бы выше.

Но если соединить их еще сверху трубкой *bb*, несколько пониже общего уровня воды в трубках, то легко видеть, что в сечении *aa* давление слева, равное весу возвышающегося над ним столба жидкости плюс атмосферному, будет больше, чем давление справа, ибо с обеих сторон давит атмосфера, высоты одинаковы, но слева плотность воды больше. В силу

Таким образом, число и объем баков зависит от мощности двигателя, отчасти и от материала и формы их. Лучше изготавливать баки из листового железа (желательно из оцинкованного), так как железо — хороший проводник тепла, что способствует более интенсивному охлаждению воды. Делают и деревянные баки, — но дерево, как плохой проводник тепла, задерживает отдачу его в окружающую среду, вследствие чего деревянные баки требуют большого объема на л. с.

Предельной мощностью, при которой еще может



Фиг. 756.

этой разницы давлений начнется движение жидкости по пизу от *A* к *B* и по верху от *B* к *A*.

Для облегчения циркуляции необходимо иметь некоторую разность между уровнем воды в цилиндре и уровнем в резервуаре (ее обыкновенно берут 160 — 170 см).

Резервуар должен быть рассчитан так, чтобы он поставлял необходимое количество воды, чтобы притекающая сверху теплая вода со временем принимала температуру воздуха. Недостаточное количество воды или недостаточная отдача теплоты в окружающее пространство ведет к повышению температуры стенок цилиндра, и следовательно, может вызвать диссоциацию смазки и другие нежелательные явления. В летние дни иногда случается, что вода быстро нагревается; тогда достаточно вылить часть воды из резервуара и подлить несколько ведер свежей, холодной воды. При расчете резервуара следует емкость вычислить на суточный ход двигателя, т.-е. на то количество часов, какое двигатель работает в течение суток. Полагая, что в существующих двигателях на 1 л. с. в час расходуется 4 000 кал, и что половина должна уноситься, водой, приходящей при температуре 15° С и уходящей при 65° С, то количество воды, потребное на 1 л. с. в час есть

$$\frac{2\,000}{60} \text{ кг, или по объему } 0,0333 \text{ м}^3.$$

Значит, если двигатель работает в сутки *h* часов и он *N*-сильный то емкость резервуара должна быть

$$\frac{hN}{30} \text{ м}^3 [1 : 30 = 0,033]$$

Диаметр трубы следует рассчитать так, чтобы на 1 л. с. в час доставлялось 30 л холодной воды; следовательно, если двигатель *N*-сильный, то в час через трубу должно протекать 30*N* л воды, но если внутренний диаметр трубы в мм равен *d* и скорость течения воды по трубе равна *v* метрам, то в секунду протекает,

$$0,001 \frac{\pi d^2}{4} v \text{ л,}$$

а в час

$$60 \cdot 60 \cdot 0,001 \frac{\pi d^2}{4} v \text{ л;}$$

следовательно,

$$30N = 3,6 \frac{\pi d^2}{4} v,$$

откуда,

$$d = \sqrt{\frac{10N}{v}};$$

(d в мм).

Желательно, чтобы на верхней трубе, около самого бака, был монтирован отросток с открытым вверх концом для цели выпуска из трубопровода воздуха, затрудняющего правильную циркуляцию воды. Этот отросток ставится возможно выше, чтобы из него не могла выливаться вода.

К выбору места для установки водяных баков следует отнестись с большой осторожностью. С одной стороны, баки нельзя ставить на дворе во избежание замерзания воды в холодное время года, а с другой — нельзя их ставить и в закрытом помещении с высокой температурой (в том числе и в помещении двигателя). Лучшим местом для установки будет такое, где существует или может быть искусственно вызвана сильная сквозная тяга воздуха (сквозняк) или где достаточно прохладно круглые сутки весь год, но при этом исключена возможность понижения температуры до точки замерзания.

Для руководства в выборе диаметров труб, подводящих и отводящих воду от двигателя к баку, приведена следующая таблица.

Диаметры подводящих и отводящих труб при циркуляционном охлаждении посредством баков.

Мощность двигателя в л. с.	Внутренний диаметр труб (в дюймах)
5	1
6	1
8	1 1/4
10	1 1/2
12	1 1/2
14	1 3/4
16	2
20	2 1/4
25	2 1/4
30	2 1/4

3. Способ автоматического охлаждения циркуляцией при помощи ребристых батарей (холодильников) состоит в следующем. Вместо баков, занимающих довольно много места и не гарантирующих постоянной температуры воды, монтируют ребристые трубы любой формы, через которые и пропускают из двигателя нагретую воду.

Роль трубчатых охладителей та же, что и роль баков, однако, наружная поверхность охлаждения в трубах, благодаря ребрам, значительно больше, почему и самый процесс отдачи тепла окружающей среде происходит скорее, а это последнее обстоятельство допускает сокращение объемного количества воды, необходимой для двигателя.

На фиг. 757 изображен способ охлаждения при помощи ребристых батарей. Устройство занимает мало места, дает более или менее постоянную температуру, но обходится зато значительно дороже баков. Система допускает отопление при ее посредстве того помещения, в котором она находится. Для этого нужно опустить заслонку a до уровня, указанного пунктир-

ной линией; в этом случае сообщение с внешней средой прекращается и весь теплый воздух остается в помещении.

При конструкции, указанной на фиг. 757, можно также поднять заслонку a и пропускать теплый воздух, окружающий ребристую батарею, через отверстие в стене наружу и тем вентилировать помещение. Через b отмечен расширительный сосуд, устанавливаемый для того, чтобы горячая вода при расширении могла найти себе место.

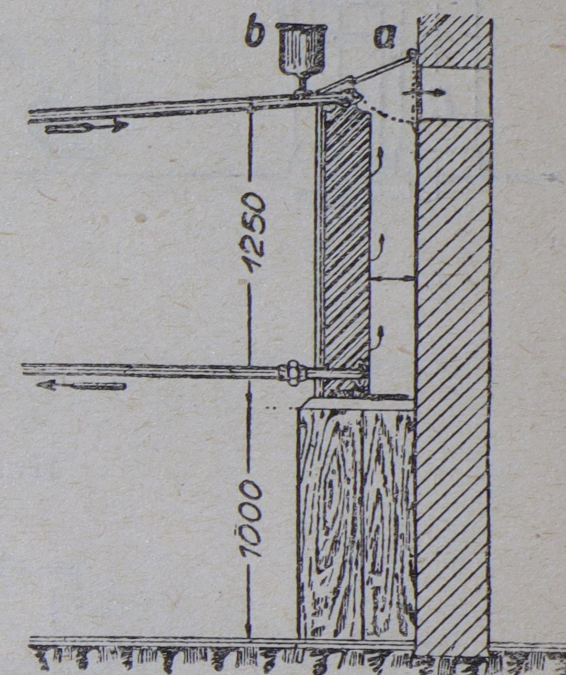
4. В установках, мощностью свыше 30 — 35 л. с., когда не имеют для пользования в достаточном количестве воды, прибегают к устройству башенных охладителей (градирен), допускающих хорошее охлаждение и сохранение воды. Первоначальное устройство их обходится довольно дорого; кроме того, они занимают сравнительно много места.

За исключением некоторых деталей и прокладки трубопроводов устройство градирни ничем не отличается от подобных же устройств в паровых установках. Башенные охладители состоят из четырехугольной или круглой башни (вышки), в нижней части которой в большинстве случаев делается для стока охлаждаемой воды бассейн; отсюда вода стекает в находящийся рядом колодец, а затем насосом нагнетается в расходный бак, помещаемый высоко над двигателем и газогенераторной аппаратурой (при наличии таковой). Из бака вода самотеком поступает в двигатель, откуда снова возвращается в градирню; вода, использованная в приборах, загрязняющих ее, — отводится в сточную канаву и вторично не используется.

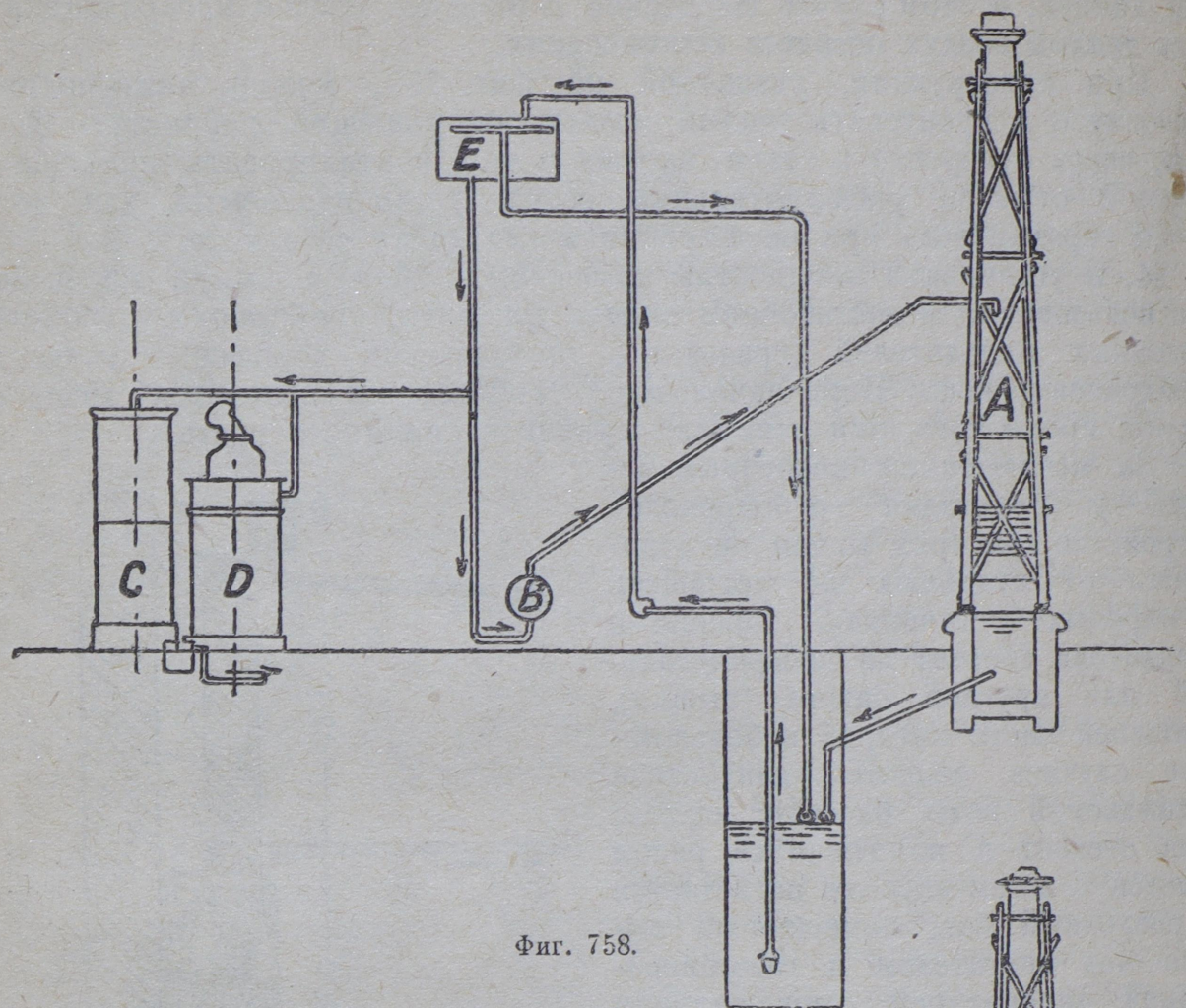
На фиг. 758 через A отмечена градирня; B — двигатель; C — скруббер; D — газогенератор; E — расходный бак.

Круговой процесс циркуляции воды показан стрелками.

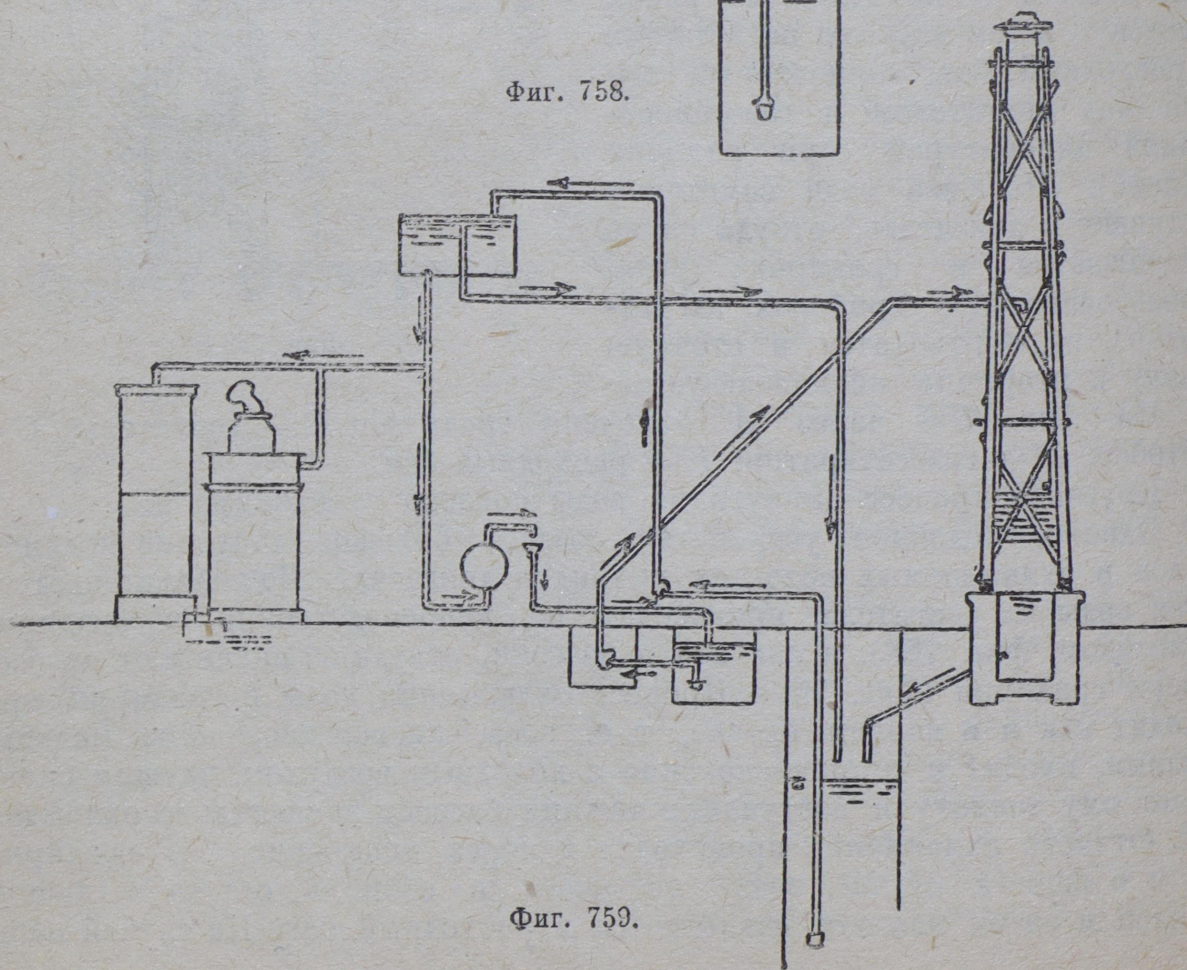
Однако, подобное устройство создает большое давление водяного столба в охлаждаемых полостях цилиндра двигателя. Во избежание этого, спуск воды из двигателя производят не непосредственно в градирню (самотеком, фиг. 758), а сначала в бассейн, откуда ее нагнетают насосом вверх градирни (фиг. 759). Процесс охлаждения воды в градирне происходит как и в первом случае, т.е. вода, низвергаясь вниз мелкими каплями, входит в соприкосновение с холодным воздухом, идущим снизу, отдает ему теплоту и поступает в нижний бассейн значительно охлажденной. Отчасти охлаждение происходит и через испарение. Из градирни, как и в первом случае, вода поступает в сборник, оттуда в главный колодец и затем насосом нагнетается в расходный бак. На случай повы-



Фиг. 757.



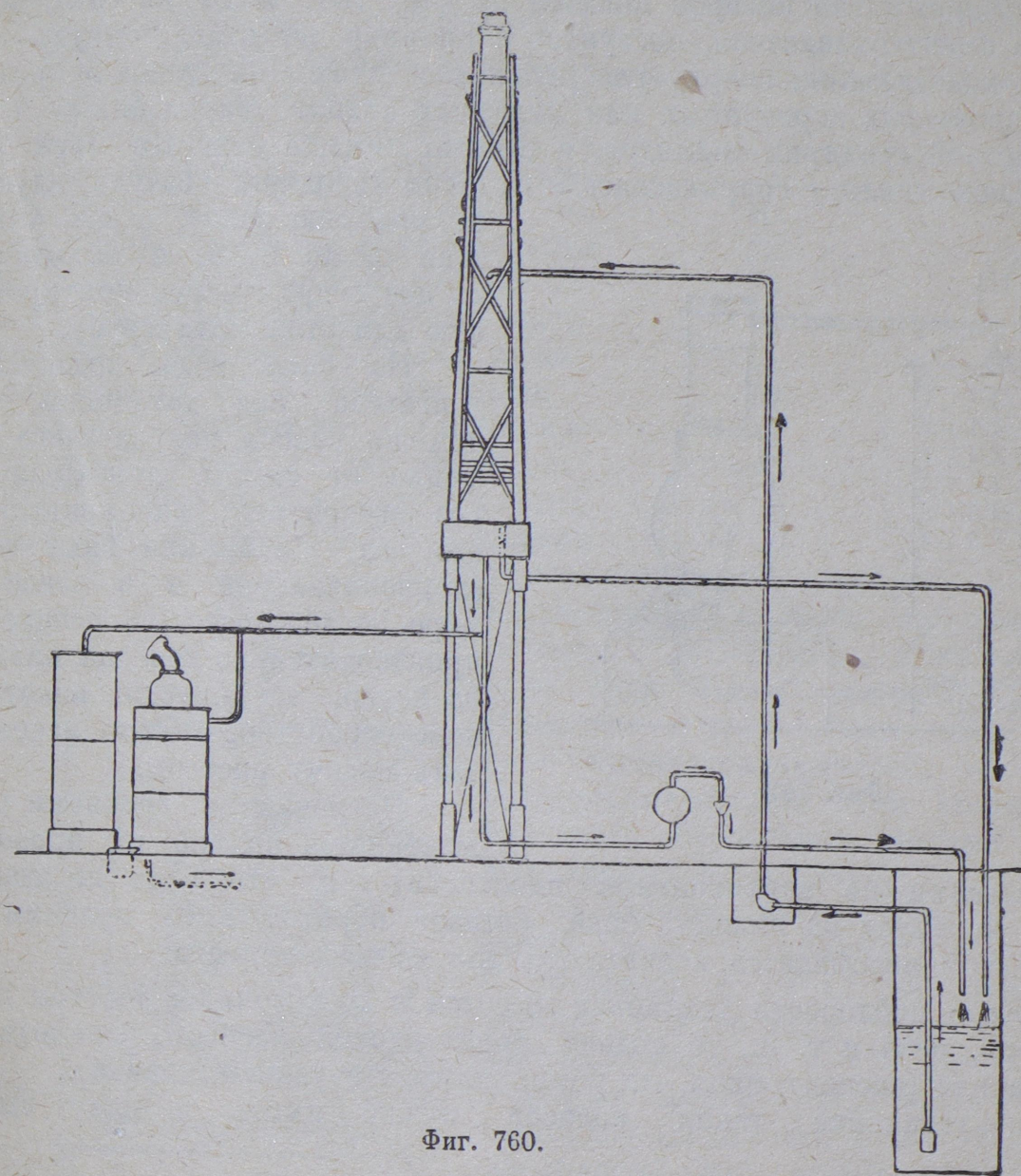
Фиг. 758.



Фиг. 759.

шения уровня воды в баке выше допустимого предела, особая труба излишек сбрасывает в главный колодец.

Наконец, третья система охлаждения посредством градирни представлена на фиг. 760. Здесь высота башни значительно выше двух первых; в ней устраивается бак для холодной воды, одновременно пред-

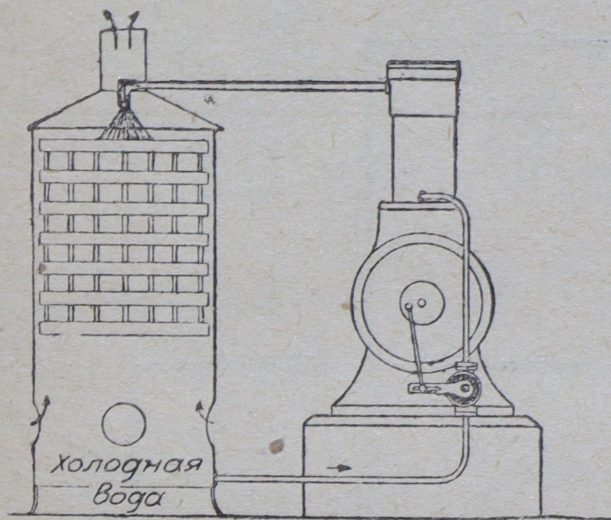


Фиг. 760.

назначенный и для стекания воды в капельном виде из градирни. В этой системе охлаждаемые полости двигателя не находятся под значительным давлением водяного столба, так как излишек сверх нормы воды спускается из бака обратно в колодец. Из двигателя вода спускается в общий колодец, откуда насосом подается на верх градирни. На трубе, подающей воду в двигатель, имеется ответвление для питания холодной водой газо-генераторной установки (при наличии таковой).

Отмеченные выше устройства касались только стационарных установок. В передвижных (сельскохозяйственные локомобили и т. п.) вопрос о водоснабжении играет большую роль, так как не везде имеется в достаточном количестве вода, возить же с собой потребное количество неудобно, а иногда и невозможно.

В этих случаях также применяется принцип градирни, но передвижной, примерный тип которой показан на фиг. 761. Вода из бака, помещенного внизу охладителя, поступает в цилиндр двигателя, откуда проходит в холодильник, сверху разбрызгиваясь душем на капли и проходя затем сквозь ряд деревянных или железных планок, укрепленных поперек железной градирни-цилиндра, и стекает вниз, в бак. По пути вода теряет свою теплоту соприкасаясь с потоком холодного воздуха, идущего в градирню снизу, сквозь отверстие около бака, и выходящего из нее сверху через монтированную для этой цели трубу.



Фиг. 761.

Из бака вода подается в двигатель под давлением, при помощи насоса, получающего движение от самого двигателя через эксцентрик, насаженный на его вал. Снабжение бака водой (первоначальное и в известной мере последующее, на испарение) производится из колодца наливом из ведер, но допустив некоторое переустройство, можно использовать подачу насосом.

Встречаются градирни с заложенными внутрь их проволоочными сетками по вертикальной плоскости так, что вода подаваемая насосом по трубе из нижнего бака, стекает обратно вниз мелкими каплями, затем всасывается в двигатель для охлаждения его.

5. Если поблизости установки имеется с достаточным дебетом колодец, озеро, река и т. п., то подача производится насосом, приводимым от двигателя (эксцентриком, от ремня или от втулки маховика).

При установке таких насосов нужно иметь в виду высоту подачи.

Вода из водоема нагнетается в расходный бак и уже отсюда подается в двигатель, причем, вытекающая из двигателя вода может быть сбрасываема в сток или направляема в охлаждающие баки, в зависимости от наличия воды по местным условиям. В последнем случае объем бака должен быть достаточен для возможности хорошего охлаждения воды.

При выборе диаметров труб при системе охлаждения подачей насосом из водоема. можно руководствоваться следующей таблицей.

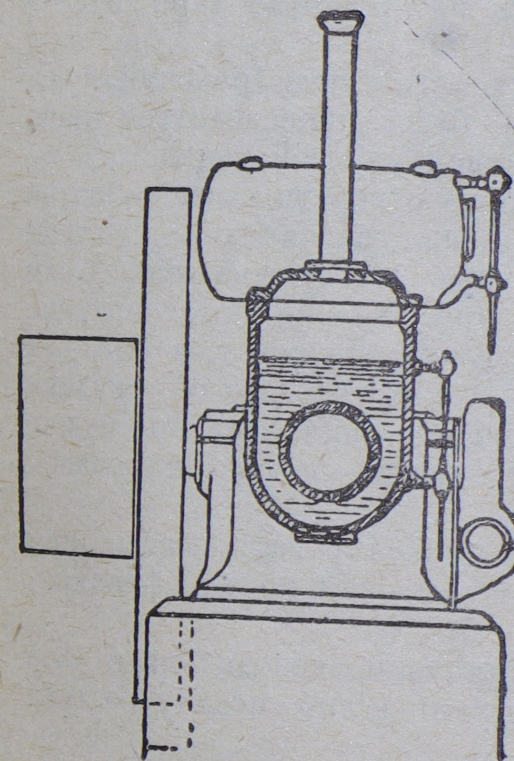
6. Охлаждение двигателя способом испарения воды отличается только дешевизной первоначальных и эксплуатационных расходов на устройство, но зато система страдает рядом недостатков и ею в настоящее время почти не пользуются.

Устройство состоит в следующем (фиг. 762). Водяная камера цилиндра (рубашка) имеет несколько необычный вид, представляя собой сверху как бы котел, наполненный до некоторого уровня водой. Эта вода испаряется от теплоты стенок цилиндра и пар отходит через трубку, помещенную сверху сосуда, в атмосферу. Испаряемую воду приходится возмещать притоком извне, но эти количества в общем невелики.

Главным недостатком системы является необходимость очень внимательного наблюдения за температурой воды, так как уже незначительное упущение

Диаметры подводящих труб.

Мощность двигателя в д. л. с.	Подводящая труба (внутрен. диам. в дюймах)
5	3/4
8	3/4
10	3/4
12	3/4
15	3/4
18	1
25	1 1/4
30	1 1/4
35	1 1/2
50	1 1/2



Фиг. 762.

может повести к перегреву цилиндра, а перегрев — вызвать деформации и трещины последнего. Если же при этом вода будет содержать в себе более или менее значительное количество химических примесей, то быстрее образование накипи тоже увеличит вероятность образования вредных и опасных трещин в цилиндре.

В заключение заметим, что отходящая вода, принимая поступающую в двигатель в 15° С, не должна превышать температуру в 55° С, а в крупных машинах — 45—50° С. В особенности следует следить за температурой отходящей воды при больших и продолжительных колебаниях нагрузки, когда требуется обязательное и тщательное регулирование во избежание сильного охлаждения или, напротив, опасного перегрева машины.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Пуск в ход и неисправности в работе.

Подготовка двигателя к пуску в ход. — Пуск в ход. — Неправильности в работе двигателей. — Ориентировочная сводка неправильностей, возникающих при пуске и в работе двигателей.

Подготовка двигателя к пуску в ход.

Всякие проверки установки, проба цилиндров на сжатие или клапанов на плотность, и отсутствие заедания, установка зазоров между кулаками и роликами рычагов и т. п. должны быть производимы не непосредственно перед пуском, а несколько ранее с таким расчетом, чтобы самый пуск мог быть осуществлен без помех в назначенное время. Перед пуском проверяются лишь клапаны на свободное движение.

Ко времени пуска двигатель прежде всего должен быть поставлен в пусковое положение буксующим механизмом или от руки (при отсутствии такового в небольших машинах).

Этим положением является начало третьего такта (рабочий ход), когда кривошип того цилиндра, с которого будет производиться пуск, повернут на несколько градусов вниз от верхней мертвой точки.

Все имеющиеся на двигателе смазочные отверстия заполняются маслом; масляные баки, лубрикаторы и масленки заполняются маслом соответствующего сорта, а масленки Штауффера подвертываются. Если время года — холодное и в помещении холодно, нужно предусмотреть некоторый подогрев масла и маслопроводов. В конструкциях, в которых отсутствуют масляные ванны для смазки кулаков, необходимо кулаки смазать кистью цилиндрическим маслом. Особенно внимательно нужно отнестись к тем частям, кои во время работы двигателя мало или совсем недоступны для смазки.

При смазке под давлением заставляют циркулировать масло при помощи ручного насоса и при этом проверяют, правильно ли функционирует вся система.

В дизелях спускные краны на промежуточном холодильнике или компрессоре должны быть закрыты, а регулирующий подачу воздуха прорыв компрессора — немного приоткрыт.

Топливный бак в двигателях жидкого топлива должен быть наполнен заранее. Перед пуском открывают все краны на трубопроводе от бака к топливному насосу и ставят последний в пусковое положение; отсутствие воздуха в трубопроводе и вообще правильность работы проверяется посредством пробного крана.

На маховике или распределительном валу двигателя должны иметься отметки, указывающие правильность пускового положения механизма, и по этим отметкам производится установка машины на пуск. Если таких отметок не имеется, их необходимо немедленно поставить для будущего.

В двигателях с калоризатором зажигается и устанавливается раскаляющая его лампа. Положение горелки лампы должно быть таково, чтобы ее пламя равномерно нагревало шар, причем, движение нижней заслонки кожуха оставалось бы свободным; отверстия кожуха открываются.

Конструкция лампы ничем не отличается от обыкновенного примуса (фиг. 763). Нагревание запального шара можно производить и паяльной лампой, в крайнем случае и на углях, приспособив для этой цели жаровню, однако, последнее допускается как крайняя мера.

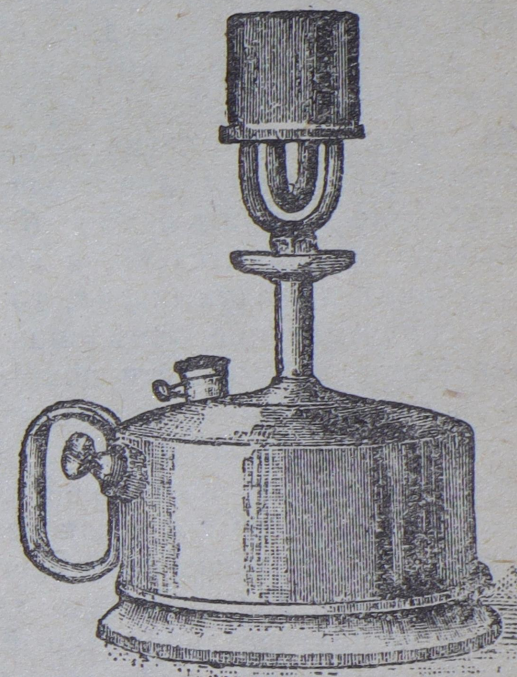
Калоризатор нагревается до вишнево-красного цвета, причем, продолжительность нагрева занимает в нормальных условиях от 15 до 20 минут.

Открывают все краны на охлаждающей системе как при нормальной работе и после некоторой промывки цилиндра кран на подводящем трубопроводе устанавливается соответственно расходу воды при первоначальной работе. Лучшим показателем правильности циркуляции воды служит термометр, причем все термометры должны показывать одинаковую температуру. Вообще говоря, следует воздержаться от пуска двигателя в ход, если охлаждающая вода вытекает неравномерно, благодаря чему могут возникать сомнения в правильности циркуляции (воздушные мешки, засорения и т. п.).

Наконец, не лишнее еще раз удостовериться, что буксующий механизм включен и не забыты на неподходящих местах какие-нибудь посторонние предметы или инструменты.

После установки пускового рычага на пуск (рычаг обслуживает одновременно и форсунки), от руки подкачивается нефть в форсунки.

В газовых двигателях проверяется кроме всех общих и специальных органов, еще и источник зажигания — магнето, аккумуляторы, свечи и т. п. Устанавливается регулятор смесительного газового клапана, проверяется дросселирование и т. д. Само собою разумеется, что к моменту пуска газогенераторная часть установки должна быть на полном ходу.



Фиг. 763.

После установки двигателя в пусковое положение, в каждом цилиндре закрываются декомпрессорные клапаны (служащие для сообщения рабочей полости цилиндра с атмосферой для прекращения компрессии).

Когда все вышеуказанные операции проделаны, двигатель можно считать подготовленным к пуску.

Теперь переходим собственно к пусканию двигателя в ход, но предварительно отметим еще некоторые характерные различия между паровой машиной и двигателем внутреннего сгорания любой системы.

В то время как паровые машины, или турбины, раз им подводит пар известной упругости, приходят тотчас в движение, двигатели с внутренним сгоранием должны сами всосать необходимое им горючее, после чего эта смесь горючего и воздуха или только воздуха должна быть сжата, и только тогда она (смесь) начинает проявлять работу в цилиндре двигателя; таким образом, в первые два такта двигатель действует как насос, который требует для себя известный расход мощности.

Практически это выполняется тем, что двигателю, прежде чем он начнет функционировать, приходится дать некоторое число оборотов. Для преодоления сжатия, — акт необходимый, как мы выше видели, для правильной работы двигателя, — требуется довольно значительная сила, и пускание машины в ход, благодаря хотя бы и частичному сжатию, довольно затруднительно, и когда мощность двигателя достигает даже нескольких лошадиных сил, то все-таки очень трудно вручную преодолеть сопротивление сжимаемой смеси или чистого воздуха; правда, при пускании в ход отчасти помогают себе тем, что уничтожают часть сжатия и только часть засосанной горючей смеси оставляют в цилиндре, а часть — выпускают наружу. Для этой цели при пуске двигателя в ход открывают иногда выпускной клапан на известное время в периоде сжатия смеси, еще до того, как взрыв должен наступить в соответствующий момент. Это достигается тем, что выпускной клапан получает движение от введенного для этой цели для пускания в ход особого кулачка. Когда двигатель получает нормальный ход, то выключают этот кулачок из соединения с рычагом, действующим на выпускной клапан.

Но это последнее приспособление мало действительно, когда мощность двигателя больше 10 сил, и в таких случаях приходится прибегать к особым приспособлениям.

Различают, вообще говоря, следующие приспособления для пуска машины в ход.

- 1) Пускание в ход, при воздействии на маховик рукою (для машин до 6 — 8 л. с.).
- 2) Пускание в ход, при помощи особой рукоятки.
- 3) " " " побочным двигателем (включительным).
- 4) " " " при помощи сжатого воздуха.
- 5) " " " " жидкой угольной кислоты.
- 6) " " " " электричества.

Самым рациональным в настоящее время следует считать пуск в ход помощью сжатого воздуха. В сравнительно небольших машинах нагнетание воздуха производится ручным насосом; при этом воздух

может нагнетаться прямо в цилиндр двигателя, который в это время удерживается от вращения, или же в особый резервуар, из которого сжатый воздух может быть пущен в цилиндр. В больших машинах, если не имеется под руками сжатого воздуха, нагнетание воздуха в особый резервуар производится в определенное время небольшим насосом, получающим движение от маленького вспомогательного двигателя.

Еще проще, конечно, воспользоваться готовым сжатым воздухом или жидкой угольной кислотой, получаемым в стальных бутылках от специальных заводов, и зарядить тем или другим пусковой баллон. Ни в коем случае нельзя пользоваться при пуске сжатым кислородом или другими газами (водород, ацетилен); это очень опасный прием, почти всегда вызывающий аварию двигателя и увечье присутствующих при пуске людей. На запрещение пуска в ход сжатым кислородом указывают и контролирующие правительственные органы в своих официальных изданиях ¹⁾, заводские руководства и т. д. На основании распоряжения ВСНХ сжатый кислород должен накачиваться в бутылки синего цвета, а сжатый воздух — в бутылки черного цвета.

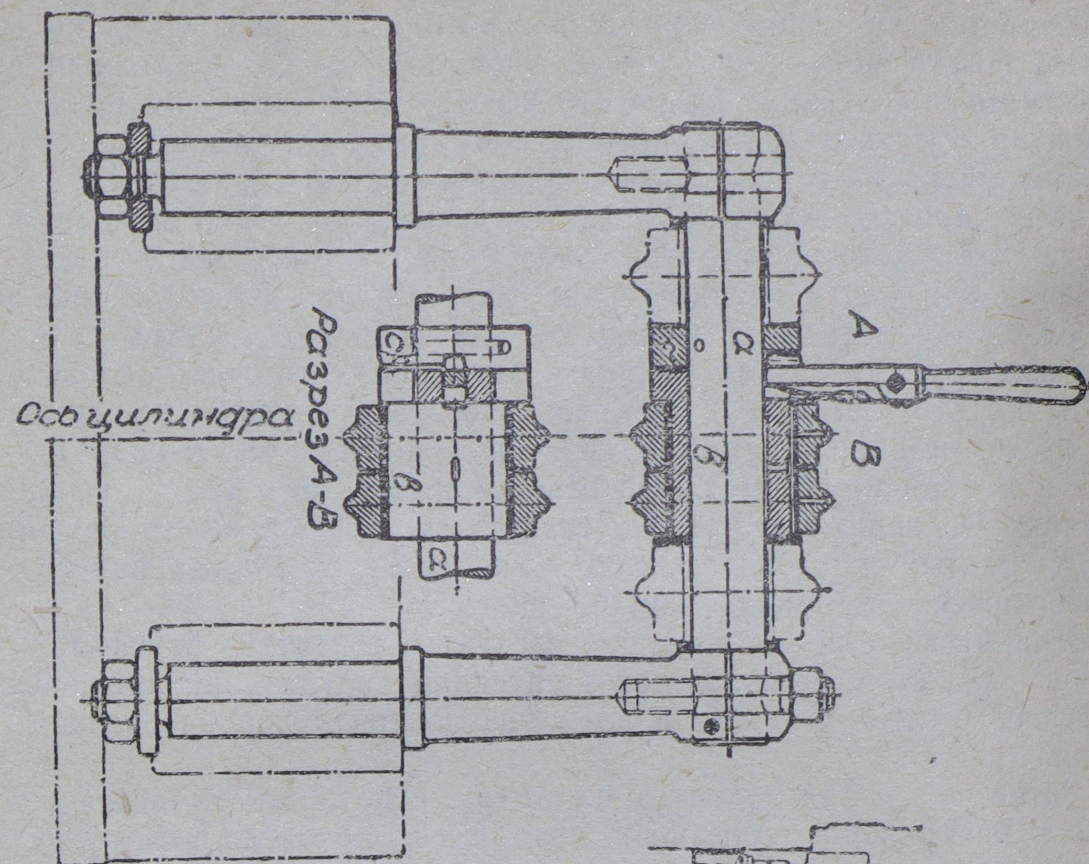
При пуске сжатым воздухом следует озаботиться спуском из резервуаров (хранилищ воздуха) через спускной вентиль накопившейся в них жидкости, эмульсии масла и воды, если зарядка производилась от двигателя.

Затем, пусковая рукоятка цилиндра, с которого начнется пуск, ставится в нейтральное (среднее) положение; рукоятки же других цилиндров — ставятся в пусковое. Если в конструкции двигателя предусмотрена одна общая рукоятка на все цилиндры, то она ставится, конечно, в среднее положение.

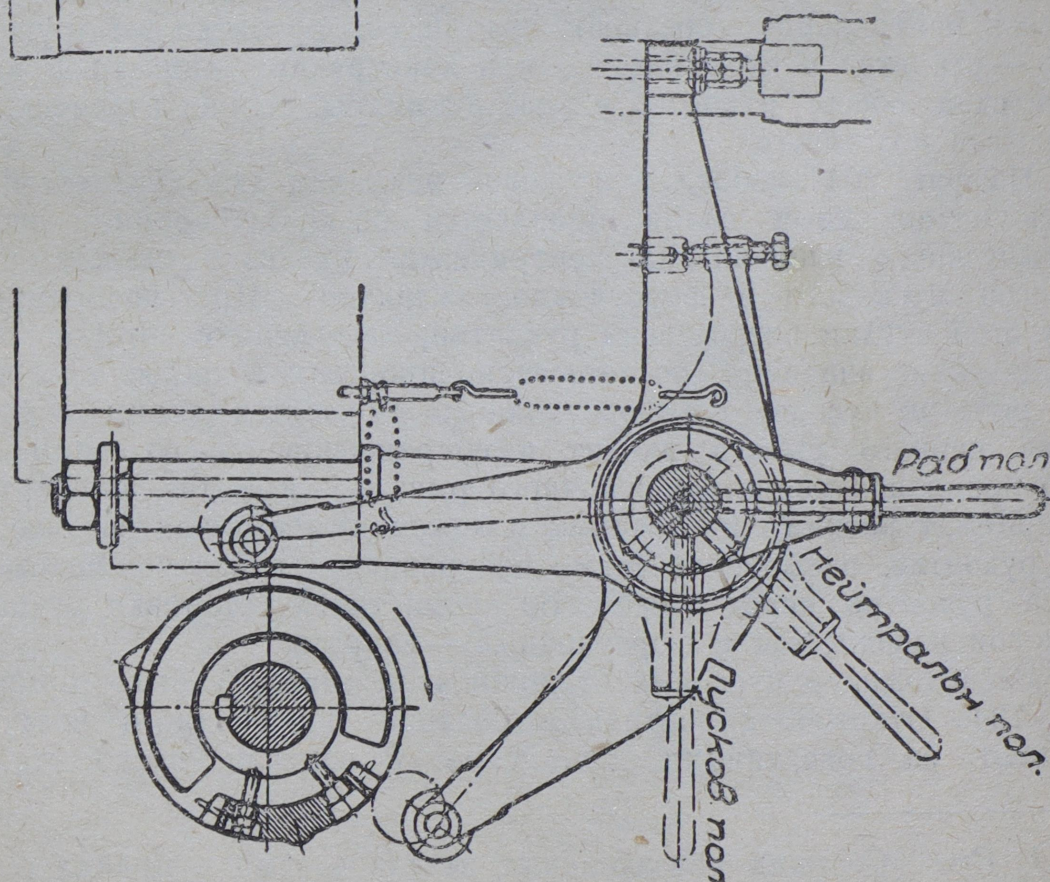
На фиг. 764 изображен пусковой механизм для двигателей Дизеля. Здесь неподвижный валик *a* является осью вращения всасывающего и выпускного клапанов; эксцентрическая втулка *b* служит опорой для рычагов пускового и форсуночного клапанов. При поворачивании на валу этой втулки посредством рукоятки, положению которой придается определенное значение соответственно прорезам в шайбе *c*, ось вращения рычагов пускового и форсуночного смещается таким образом, что ролик первого рычага входит в соприкосновение со своим кулачком, в то время как ролик форсуночного рычага — выходит из соприкосновения. Между рабочим и пусковым положениями имеется среднее положение рукоятки, называемое также нейтральным, в каковое положение ставится рукоятка перед пуском. Во время такой установки рукоятки, как пусковой клапан, так и форсуночный — закрыты.

Расположение пусковых баллонов (для дизелей) было приведено на фиг. 734. Открывают вентиль в баллоне форсуночного воздуха и наблюдают за показаниями манометра у вентиля пускового, причем,

¹⁾ См. „Сборник обязательных постановлений и правил по технике безопасности и промышленной санитарии“.



Фиг. 764.



если давление будет больше 45 ат, то через перепускную трубку необходимо выпустить излишнее количество воздуха, пока манометр не покажет 45 ат. С другой стороны, если давление в пусковом баллоне окажется ниже 45 ат, то нужно открыть вентиль в запасном баллоне для увеличения давления в пусковом. Этими операциями создается необходимое начальное давление в форсуночном баллоне для целей распыливания горючего, пока не начнет работать компрессор.

Закрыв вентиль форсуночного баллона, открывают вентиль пускового, сообщаящий его с запасным резервуаром. Этим достигается проверка давления в пусковом, которое не должно быть выше 55 ат, но и не ниже 45 ат. В запасном резервуаре рекомендуется держать, вообще говоря, давление в 60 ат, даже до 80, на случай утечки воздуха.

Приведенные величины давлений в баллонах должны иметь место всегда при остановке двигателя. Таким образом, если двигатель работал недавно, но нет необходимости принимать меры для перепуска воздуха из одного резервуара в другой, как это было только-что описано, в противном случае приходится прибегать к запасному резервуару.

Что касается пуска сжатым воздухом двигателей быстрого сгорания (не дизелей), то здесь система воздухохранилищ значительно упрощена, так как в лучшем случае приходится иметь дело с двумя баллонами, один из коих служит непосредственно для пуска, а другой — запасным. Встречаются установки и с одним резервуаром.

Пуск в ход.

Собственно пуск осуществляется следующим образом.

1. В отношении двигателей Дизеля (стационарных). Предупредив окружающих о пуске, открывают вентили форсуночного баллона, чем сообщают баллон с форсункой и с компрессором. Затем открывают главный вентиль пускового баллона и быстрым переводом пусковой рукоятки из среднего в пусковое положение — открывают пусковой клапан, через который начинает поступать в цилиндр сжатый воздух. При этом двигатель начинает вращаться. Перевод рычагов в рабочее положение (фиг. 764), т.-е. на нефть, следует делать по достижении двигателем необходимой скорости, после 6 — 8 первых его оборотов, т.-е. после 3 — 4 подач сжатого воздуха.

В заводских руководствах на этот счет существует большой разнбой и почти каждый завод советует переводить рычаги на нефть после разного числа оборотов. Нам кажется более справедливим указание 6 — 8 оборотов, в особенности при совершенно холодном двигателе или при изношенности рабочих цилиндров и поршней. Во всяком случае, следует оставаться у пускового резервуара до тех пор, пока двигатель не достигнет нужного числа оборотов, чтобы затем быстро запереть вентиль, после чего немедленно переставить пусковые рукоятки в рабочее положение.

Если бы вдруг оказалось, что по открытии пускового вентиля двигатель начинает вращаться еще до перевода пускового рычага

из среднего в пусковое положение, то это служит показателем неплотности одного из пусковых клапанов. В таком случае следует немедленно закрыть вентили у баллонов, выпустить из цилиндров воздух и поставить пусковые рукоятки в среднее положение. Если имеется время, нужно найти дефективный клапан и притереть его; когда же времени для подобной работы нет и пустить машину необходимо немедленно, нужно поставить двигатель на пуск, после чего поставить все рычаги в положение пуска. Пускание в ход осуществляется в дальнейшем по вышеуказанному, т.-е. проверяется давление пускового и распыливающего воздуха, открываются запорные вентили форсуночного баллона, после чего открывается главный вентиль пускового баллона.

По переключении на нефть сейчас же должны начаться вспышки; при отсутствии этого нужно несколько раз качнуть нефть вручную, однако злоупотреблять подкачкой нельзя во избежание закачки чрезмерно большого количества, что может вызвать взрывы и удары в цилиндре двигателя.

Пуск всегда должен совершаться вхолостую. Нагружать двигатель тотчас же после пуска нельзя, — нужно дать время ему прогреться, что происходит после достижения двигателем полного числа оборотов. Для нагружения двигателя нужно убедиться в правильном функционировании смазки и охлаждения, равно как и в чистоте отходящих газов.

По окончательном пуске регулировочный клапан компрессора устанавливается на требуемое давление, причем наблюдается давление отдельных ступеней компрессора.

При помощи соответствующих перепускных вентилях нужно при первой же возможности озаботиться зарядкой пускового и запасного баллонов. В первом давление доводится до 50 ат; в начале наполнения нужно внимательно наблюдать за давлением распыливающего воздуха, которое может опуститься ниже требуемой величины. Зарядку пускового баллона ведут дросселированием воздуха перепускным вентилем до тех пор, пока давление в этом баллоне не достигнет величины давления в форсуночном баллоне. Давление в запасном баллоне должно поддерживаться не ниже 60 ат, допуская в некоторых случаях повышение до 80 ат.

При заперании пускового баллона никогда не следует чрезмерно затягивать маховичок вентиля; в этом случае последний может заесть, так как при пропуске сжатого воздуха конус вентиля сильно охлаждается и, следовательно, несколько уменьшается в размерах, и будучи в этом состоянии затянута, — при расширении, поступающем с общим повышением температуры, начинает оказывать большое давление на свое седло.

2. Пуск двигателей быстрого сгорания, работающих на тяжелом топливе, небольших мощностей производится обычно вручную, иногда при помощи особых механических приспособлений; осуществление пуска больших двигателей, начиная от 35—40 л. с., достигается исключительно посредством сжатого воздуха (или, как уже говорилось, жидкой угольной кислотой).

Общие условия подготовки к пуску те же, что и в двигателях Дизеля, т.-е. двигатель пускается вхолостую, заполняются маслом все маслопроводы и т. п.

Перед пуском следует удостовериться, что калоризатор достаточно накален в своей нижней части (до вишнево-красного цвета). Если двигатель пускается от руки, а не сжатым воздухом, то маховики ставятся в положение, когда поршень заканчивает ход сжатия; при пуске сжатым воздухом кривошип ставится в положение начала третьего хода (рабочего).

Накачивают двумя-тремя сильными движениями от руки нефть в цилиндр; при этом нефтяной насос ставят на наибольшую подачу топлива, что необходимо при холостом ходе, регулирование же подачи во время работы происходит по ходу машины, т.-е. по ее нагрузке.

Затем обхватывают обеими руками маховик таким образом, чтобы во-первых, удобно было его провернуть, а во-вторых — в любой момент можно было бы его отпустить. Быстрым и сильным движением маховик вращают в противоположную ходу двигателя сторону и затем — быстро отпускают. Вращение в противоположную сторону необходимо для того, чтобы произвести сжатие смеси, необходимое для ее воспламенения. Иногда с одного раза не удается получить вспышку или она образуется недостаточной силы; в этом случае производят повторное вращение маховика. Еще лучше — открыть декомпрессионный кран и выпустить из цилиндра газы, затем повернуть маховик на полный оборот при открытом кране для цели наполнения рабочей полости свежим воздухом, после чего снова приступить к пуску по вышеуказанному.

В нормальных условиях работы, т.-е. при хорошем состоянии машины, хорошем топливе, надлежащей смазке и т. п. пуск в ход совершается легко и быстро, чего нельзя сказать про запущенную машину, или с нарушениями сборки, питания топливом и смазкой, или плохо обслуживаемую.

После пуска лампу у калоризатора оставляют гореть еще некоторое время. В дальнейшем лампу убирают и температура калоризатора поддерживается автоматически теплотой вспышек. Надлежащая температура его регулируется имеющимися в кожухе заслонками, так, если шар начинает темнеть, отверстия должны быть закрыты, и наоборот, если он слишком накален и желательно поэтому понизить его температуру, — заслонки открываются, чтобы дать возможность циркулирующему воздуху охладить его. По остановке двигателя на продолжительное время заслонки совсем открываются, чем достигается окончательное охлаждение шара.

После того, как двигатель начал давать регулярные вспышки и достиг нормального числа оборотов, пускают охлаждающую воду и открывают все масленки. Четырехтактный двигатель требует введения нормального сжатия и перевода запала на опережение вспышки. Кран топливного резервуара открывают на просвет, соответствующий данной нагрузке.

Когда все это сделано и убедились в ровном движении машины и хорошем выхлопе отработавших газов, — вводят рабочий шкив.

Пуск нефтяных двигателей низкого сжатия при помощи сжатого воздуха производится так же, как и двигателей Дизеля. Отличие в том, что здесь нет форсуночного баллона. При отсутствии запасного баллона

следует быть осторожным в расходовании сжатого воздуха, чтобы зря не потерять его, пока двигатель не пущен в работу и запас воздуха не может быть возобновлен.

В небольших двигателях, примерно в 35—40 л. с., для пополнения запаса сжатого воздуха служат небольшие воздушные компрессоры, приводимые от небольшого шкива у маховика двигателя ременной передачей. Как только двигатель пущен в работу, необходимо позаботиться немедленным пополнением пусковых баллонов сжатым воздухом.

3. Пуск газовых двигателей. Пуск газовых двигателей после ремонта в особенности требует большого внимания, необходимо в этом случае лучше смазывать машину и тщательно за нею надлюдать; обращать серьезное внимание на аппаратуру, вырабатывающую и очищающую силовой газ.

При несвоевременном зажигании, т.-е. когда заряд воспламеняется значительно далеко от мертвой точки, а вместе с тем продолжается дальнейшее сжатие воспламененного заряда, то вследствие увеличения его упругости двигатель получает значительные удары, толчки, вызывающие сильные сотрясения и опасные напряжения в головке цилиндра и других деталях машины.

В таком случае необходимо остановить запальные приспособления и выяснить причину воспламенения заряда; тогда можно установить правильно пояс накаливания. Но часто может случаться, что воспламенение происходит от сильно нагретых частей в пространстве сжатия. Как помочь в данном случае себе, было уже указано; надо тогда увеличить количество охлаждаемой воды, очистить хорошо пространство сжатия и т. д. Можно также изменить состав горючей смеси и сделать ее менее воспламеняемой. У двигателей с питанием светильным газом изменяют количество воздуха, а у газогенераторов — количество газа. Мощность машины при этом, конечно, несколько уменьшается.

То же надо сделать в газогенераторах и в том случае, когда взрывы происходят при положении поршня в мертвой точке, но силовой газ, вследствие содержания большого количества водорода, сгорает стремительно. В данном случае некоторый излишек газа способствует к смягчению, к уменьшению быстроты сгорания. Если бы и в этом случае прибавкой воздуха достигалось более медленное сгорание, то, чтобы достигнуть того же результата, как и при избытке газа в смягчении загорания, пришлось бы очень сильно понизить мощность машины.

Примечание. При пускании в первый раз в ход газовых машин должны быть соблюдены известные меры предосторожности и выполнены некоторые исключительные работы, с которыми при обыкновенной работе двигателя вовсе не приходится иметь дела.

Первая мера предосторожности, которую приходится иметь в виду при пускании самовсасывающей газогенераторной машины: газовый трубопровод, идущий от генератора, должен быть наполнен газом, а не воздухом.

С этой целью при самовсасывающих газогенераторных установках воздух в трубах продувают: при помощи имеющегося при

генераторе вентилятора воздух нагнетается в генератор; проходя через раскаленное топливо вместе с паром, образуется силовой газ, который, проходя далее через аппараты и трубы установки, выталкивает воздух, имеющийся в трубах; при помощи пробного краника у двигателя можно проконтролировать, имеется ли в трубах газ или воздух (пламя должно быть красновато-синее). Тогда открывают впускной и выпускной клапаны.

Когда таким образом убедились, что газ прошел уже до двигателя, двигатель ставят в положение для пуска его в ход.

Так как при всасывающих газогенераторных двигателях заряд состоит из смеси силового газа и воздуха в пропорции 1:1, то безразлично, будем ли мы регулировать смесь заряда изменением сечения воздушного или газового клапанов, если только уменьшение сечения трубопровода для газа не повлияет на лучшее использование всей установки. С этой точки зрения полезнее сечение трубопровода газа совсем открыть и регулировать состав смеси изменением сечения трубопровода для воздуха.

Так как состав силового газа находится в зависимости от качества применяемого топлива, от нагрузки двигателя и других побочных обстоятельств, то наблюдающий за двигателем должен тщательно следить за регулировкой приготовления смеси и исправлять состав ее по мере надобности во время работы двигателя.

При двигателях с хорошо конструированным клапаном для смешения приходится только уменьшить или увеличить сечение трубопровода для газа; но так как конструкция клапана для смешения оставляет иногда многого желать, то ставят недалеко от вентиля для газа дроссельный клапан и помощью его регулируют необходимый приток газа.

Правильная установка клапанов для надлежащей смеси — работа очень кропотливая и требует обязательного индицирования двигателя. При достаточной опытности, о составе смеси можно судить по цвету пламени и звуку, производимому выхлопными газами; работая долго с одним двигателем, к этому даже необходимо приучить себя, и следует заметить себе установку кранов для получения необходимого состава смеси.

Как только убедились в том, что газ имеется во всем трубопроводе, то, допустив, что мы имеем дело с электромагнитным приспособлением для зажигания (которое в настоящее время применяется чаще всего), приступают к установке этого последнего; для этого устанавливают момент зажигания на так называемое „запоздалое зажигание“.

Для выяснения значения этого указания или даже правила служат следующие соображения: при нормальном ходе двигателя момент зажигания имеет место почти в конце периода сжатия, т.-е. незадолго перед тем, как поршень придет в свое мертвое положение. Но при пускании двигателя в ход этого положения не следует держаться, так как масса движущихся частей при

пуске двигателя в ход еще не приобрела всей своей инерции, и потому она еще не в состоянии провести поршень через его мертвое положение (внешнее); вследствие этого силой, проявляемой при быстром сгорании смеси заряда, поршень мог бы быть отброшен назад не своевременно. Чтобы устранить это нежелательное обстоятельство, необходимо, чтобы момент зажигания смеси имел место только в то время, когда поршень заходит за свое мертвое положение.

Для этой цели включают в соединение с выпускным клапаном особый, так называемый, кулачок, дающий возможность выпускному клапану открываться тогда, когда имеет место период сжатия; вследствие этого часть сжимаемого заряда (в период сжатия) выходит наружу, давление сжатия уменьшается и поршень может продвинуться далее вперед.

Только после того как установили „запоздалое зажигание“ и прибегли к специальному „впускному кулачку“, начинают впускать в двигатель смесь горючего, т. е. открывают клапан для воздуха и газа, регулируя сечение их, как было указано выше.

После этих, так сказать, указаний общего характера теперь легко можно будет установить постепенный ход тех действий или манипуляций, которых в обыкновенных обстоятельствах следует держаться при пускании всасывающего газогенератора в работу.

Обслуживающий ту или другую газовую или самовсасывающую газогенераторную установку должен приучить себя производить все нижеуказанные действия в строгой последовательности; с течением времени он приучится их проделывать вполне „механически“ и, следовательно, будет в состоянии все свое внимание сосредоточить на других частностях, могущих иметь место при пускании двигателя в ход.

Последовательный ход действий при пуске вообще газовой машины.

1. Открыть главный газовый кран на трубопроводе.
2. Исследовать, дает ли электромагнитный аппарат ток.
3. Наполнить в определенной, раз навсегда, последовательности маслянки и осмотреть падение капель.
4. Смочить керосином шпindelь выпускного и контактного винтилей.
5. Передвинуть приспособление для уменьшения давления сжатия и перевести зажигание на „запоздалое“.

Примечание. Если при регуляторе имеется приспособление для оттяжки его упора на положение пуска в ход, то воспользоваться им. (Приспособление это имеет целью вывести регулятор из крайнего его низкого положения в такое промежуточное положение, при котором открыт свободный проход газа.

6. Открыть кран для газа у двигателя и установить его на метку, выясненную уже предыдущими опробованиями для пуска.

7. Прибегнуть к пусковому клапану (предполагается, что для пуска машины в ход пользуются сжатым воздухом).

8. Как только последовали правильные зажигания и двигатель уже приобрел некоторую скорость, то следует переключить кулачок (у выпускного клапана) из положения для пуска, на постоянный кулачок.

9. Переключить зажигание „на своевременное“.

10. Установить газовый кран на марке „при ходе двигателя“.

11. Открыть и установить приток и выпуск воды для охлаждения.

12. Включить фрикционную муфту.

При установившейся работе двигателя необходимо время от времени:

- а) опробовать температуру спускной воды;
- б) наблюдать за действием смазочных приборов;
- в) время от времени регулировать смесь;
- г) время от времени следить за стоком воды из выхлопного горшка.

Последовательный ход действий при остановке самовсасывающей газогенераторной установки.

1. Выключить фрикционную муфту.
2. Закрыть главный вентиль на газовом приводе.
3. Распорядиться переставить генератор на переключательный вентиль.
4. Только тогда остановить приток охлаждающей воды, когда двигатель совсем остынет.

Примечание. Накипь легко может образоваться только тогда, если цилиндр нагрет, а вода не перемещается, не циркулирует.

5. Осмотреть нет ли воды в выхлопном горшке.
6. Если остановка двигателя производится в зимнее время, то надо спустить воду из всех охлаждаемых частей цилиндра и крышки его и из всех тех мест, где вообще имеется вода.

Неправильности в работе двигателей.

А. Исправление недостатков, обнаруживаемых непосредственно при пуске и во время работы двигателей Дизеля. Если двигатель Дизеля совершенно отказывается работать, причину нужно искать прежде всего в случайностях, например, не забыли ли выключить буксующий механизм, подается ли топливо, открыт ли пусковой клапан, не остались ли открытыми декомпрессионные краны, правильно ли проведена операция с вентилями баллонов сжатого воздуха и т. д. Если все это в порядке, и двигатель все-таки не идет в ход, причину нужно искать в каком-нибудь более или менее серьезном повреждении.

В тех случаях, когда пуск двигателя происходит с известными затруднениями, можно думать, что давление пускового воздуха мало, или выпускной клапан компрессора открыт. Затрудненность пуска может быть, конечно, и следствием плохого состояния машины, например при раз-

работавшихся цилиндрах из-за пропуска поршневых колец может быть недостаточна компрессия. Причиной может быть и невоспламеняемость топлива, что вызывается в свою очередь самыми разнообразными обстоятельствами, например, от недостаточности подаваемой порции, недостаточной компрессии, недостатка распыливающего воздуха, присутствия воды в цилиндре, запоздания зажигания и т. п.

Недостаток топлива может происходить в силу самых разнообразных причин: например, от неверной регулировки пускового рычага, присутствия в насосе воздуха, загрязнения фильтров, присутствия в топливе воды, пропуска клапанов, загрязнения распылителя, образования в трубопроводе к цилиндрам воздушных мешков и т. п.

Причинами уменьшения скорости двигателя могут быть: перегрузка, недостаток питания клапанов горючим, давление пульверизации не соответствует нагрузке—слишком слабо или слишком сильно, отверстия распределителя засорены, пропуск сальников или всасывающих клапанов насоса, загрязнение фильтров, пропуск выпускных клапанов, что вызывает недостаточную компрессию, очень низкая температура топлива (в холодное время года).

Неравномерность работы может вызываться неправильностями в моменте зажигания, колебаниями в нагрузке, засоренностью тарелок клапанов топливного насоса, попаданием под клапаны насоса воздуха, расстройством регулировки регулятора числа оборотов, очень малой нагрузкой, когда бывает невозможно понизить давление распыливания и т. д.

Полную остановку двигателя, исключая причины аварийного порядка, может вызвать обстоятельство, когда подача топлива в цилиндры явно недостаточна или давление распыливания мало. То же может произойти и от чрезмерной перегрузки двигателя.

Напротив, если двигатель начинает развивать чрезмерно быстрый ход, то, очевидно, нефтяной насос подает слишком много нефти. Это может происходить или вследствие расстройства в установке регулятора или из-за нарушения нужного соотношения передачи движения к всасывающим клапанам насоса. Чрезмерное, приближающееся к критическому, число оборотов двигателя вызывается разверкой регулирующих органов и очень опасно для целости машины и окружающих предметов и лиц. Такое положение, т.-е. когда развиваемая двигателем работа и число оборотов совершенно не соответствуют данной нагрузке, носит вполне определенное выражение—двигатель идет в разнос. Ход двигателя в разнос—чрезвычайно опасен. Здесь требуются немедленные и решительные меры, так в первую очередь нужно остановить приток топлива к форсункам, а не раздумывать и мысленно искать причину, как это иногда бывало на практике. Затем прекратить пульверизацию и открыть декомпрессионные краны.

Причины появления ударов в двигателях Дизеля происходят вследствие нарушения определенной связи в установке двух частей. Удары всегда происходят между двумя частями, одна из коих неподвижна, а другая—движущаяся, или между частями с различными скоростями движения.

Подробно о происхождении и классификации ударов и стуков говорилось в т. I в отношении паровых машин. Здесь мы коснемся только особенностей двигателей внутреннего сгорания, в частности дизелей.

Удары, помимо причин чисто механического характера, могут возникнуть вследствие разверки установки распределения, например при значительном зазоре между роликами рычагов и кулачными шайбами, при неплотности или застревании выпускного клапана, при чрезмерном давлении пульверизирующего воздуха для данной нагрузки двигателя. Во всех этих случаях удар обычно происходит в цилиндре, но слуховое впечатление обнаруживает удар исходящим как бы из коренных подшипников. Нужно опытное ухо наблюдателя, чтобы безошибочно определить место образования стука, т.-е. не дать ускользнуть от себя истинной причине.

Отраженные в коренных подшипниках стуки могут быть вызваны также шатуном или поршнем. В первом случае стуки обычно носят характер правильных ударов и происходят вследствие существования значительных зазоров между вкладышами головки шатуна и цапфой кривошипа или вследствие ослабления шатунных болтов. Большие зазоры следует довести до нормальной величины, а ослабшие болты—подтянуть, но при этом необходимо следить за неизменяемостью длины болтов по положению гаек.

Действительный стук в коренных подшипниках почти всегда происходит из-за ослабления вкладышей, причем обычно в таком случае происходит мигание вала по торцу со стороны стучащего подшипника. Стук устраняется соответствующей подтяжкой вкладышей, но при этом нужно действовать с некоторой осторожностью, чтобы не подвергнуть вал ущемлению. После подтяжки первое время подшипник обильно смазывается и берется под некоторое наблюдение.

В крейцкопфных конструкциях ослабление поршня на штоке может вызывать стуки, отражаемые в коренных подшипниках. Здесь правильно оценить причину необходимо еще и потому, что ослабевший на штоке поршень может совсем сорваться с него и натворить больших бед.

Наиболее сильные удары в цилиндре вызываются преждевременными вспышками. Эти удары распространяются на всю машину, затухая в коренных подшипниках, и оказывая самое отрицательное на нее влияние.

Обслуживание дизеля в работе ничего сложного не представляет, если, конечно, машина в порядке и уход за ней поставлен на должную высоту.

Прежде всего следует следить за давлением пульверизации и держать его в соответствии с данной нагрузкой. Затем каждые, примерно, полчаса быстро спускать конденсат из промежуточного холодильника компрессора и баллона распыливающего воздуха. Периодически необходимо осматривать работу смазочных аппаратов и всех капельниц, при этом имея в виду, что большие нагрузки требуют более обильной смазки, чем средние и малые.

Каждые полчаса необходимо осматривать все машинные части, могущие нагреваться, как-то: все трущиеся и доступные ощупыванию части,

подшипники, эксцентрики, компрессоры, нижние части цилиндрических втулок. Нагревающаяся более чем следует часть берется под наблюдение, а при первой же возможности—выясняется причина этого явления и по обнаружении немедленно устраняется.

Необходимо наблюдать за цветом и характером выхлопа отработавших газов. Если выхлоп дымит, то нужно найти дефективный цилиндр (в многоцилиндровых машинах) и при первой же остановке выяснить причину, а пока следует увеличить количество смазки, подаваемой в этот цилиндр. Какой из цилиндров дымит узнается при помощи кранов в выхлопных патрубках, если же таких кранов не имеется—следует их немедленно монтировать.

Вообще говоря, по цвету выхлопа и характеру выхода дыма можно судить о той или иной неисправности машины. Так, непрерывная струя черного или серого дыма характеризует неполное сгорание, причем чем окраска дыма темнее, тем этот процесс глубже. В этом случае можно предположить подачу чрезмерно большого количества топлива при одновременно недостаточной пульверизации. Возможно также влияние низкой температуры на топливо, когда оно плохо распыливается, или недостаточное давление распыливающего воздуха. Если же дым вырывается клубами, можно думать, что недостаточен подъем иглы форсунки, загрязнение пульверизатора или распылителя, что может препятствовать распыливанию топлива. Такой же дым могут вызывать утечки у иглы, довольно опасные в смысле возможности при повышении давления распыливающего воздуха попадания газов в коробку, повышающих в ней температуру и вызывающих образование самовоспламеняющейся смеси.

Клубы бело-синего дыма являются следствием не сгоревшего, а только испарившегося топлива. Иногда такой дым может быть в результате появившейся трещины в выпускном или всасывающем клапане, так как в этом случае сжатие может совершенно отсутствовать, а поступающее в цилиндр топливо будет выбрасываться в выхлопный трубопровод и здесь испаряться под влиянием высокой температуры отходящих газов других цилиндров.

В двухтактных двигателях синий дым может быть следствием горения в цилиндрах смазочного масла, попадающего в них при продувке и там испаряющегося.

Белая окраска дыма есть следствие присутствия воды в выхлопных газах или пропуска вспышки. Вода может появляться из глушителя или из цилиндра при неплотностях соединений охлаждаемых полостей или наличии трещин. Наличие воды в цилиндре в более или менее значительном количестве может быть очень опасным для двигателя вследствие возможности образования воздушно-гидравлического удара. Напомним здесь, что вода под давлением не сжимается.

Затем при обслуживании во время работы двигателя необходимо наблюдать за температурой отходящей воды. Об этом уже говорилось раньше. Если имеется градирня или какая-либо другая искусственная охлаждающая система, необходимо следить за правильностью работы

всего устройства и тех механизмов, которые предназначены для подачи или отвода воды.

Перед остановкой двигателя прежде всего нужно разгрузить его, после чего выключить топливный насос. При наличии поплавковой камеры нужно сейчас же запереть линию подвода топлива к камере. Затем переводят пусковые рычаги в среднее положение. Давление пульверизации в это время должно быть около 50 ат, что имеет целью хорошую продувку форсунок от остатков топлива еще до выключения форсуночных игл. Выключаются аппараты центральной смазки и все масленки. Открываются декомпрессионные краны, прекращающие компрессию в цилиндрах.

После остановки машины закрываются оба запорных вентиля баллона форсуночного воздуха и открываются спускные краны промежуточного холодильника компрессора и маслоотделителя. Запираются краны на топливной линии.

Приток охлаждающей воды прекращают только спустя 10—15 минут после остановки. Если есть опасение замерзания воды, то всю воду из охлаждающих полостей и трубопроводов необходимо выпустить.

Все части машины внимательно осматриваются, а крепления проверяются. Так, должны быть осмотрены и проверены затяжка шатунных и противовесных болтов, коренные и шатунные подшипники, поршень, цилиндрические втулки и т. д. Следует также периодически проверять состояние болтов, клиньев, гаек и чек различных соединений, в том числе и маховика.

Если никаких неисправностей не обнаружено, двигатель приводится в пусковое положение буксовкой, после чего закрываются декомпрессионные краны, равно как должны быть закрыты и все вообще клапаны машины.

Все наружные части машины тщательно обтираются и очищаются. Нужно при обтирании обращать внимание и на маховик, который нередко забывается; чистый маховик легче позволяет заметить какую-нибудь неисправность, могущую быть подчас роковой для двигателя.

В. Исправление недостатков, обнаруживаемых непосредственно при пуске и во время работы нефтяных двигателей низкого сжатия. Большинство положений, отмеченных в отношении двигателей Дизеля свойственны и нефтяным машинам низкого сжатия и на которых поэтому мы останавливаться подробно не будем.

Если ход двигателя неравномерен, то причиной этого в большинстве случаев бывает неправильность в работе регулятора, вызываемая недостаточной его чувствительностью к колебаниям нагрузки. При малых нагрузках и холостом ходе некоторые регуляторы вообще не способны давать удовлетворительную четкость в работе и вспышки происходят с запозданием. Иногда это вызывает даже взрывы, объясняемые тем, что старый заряд в цилиндре еще горит когда поступает новый, тем самым несвоевременно воспламеняемый. При этом рабочий ход выпадает. В данном случае обыкновенно бывает достаточно приоткрыть воздушный кран,

чем улучшается образование рабочей смеси и вспышки происходят более регулярно.

Внезапная остановка двигателя может явиться следствием прежде всего перегрузки. Из других возможных причин отметим еще следующее:

1. Загрязнение калоризатора. Это загрязнение вызывается отложениями корки на внутренних его поверхностях из-за излишнего ввода в цилиндр нефти, излишней или плохого качества смазки, излишнего охлаждения водой, появления трещин в шаре. Все эти обстоятельства вызывают постепенное уменьшение мощности и постепенную остановку. Лопнувший шар узнается по свистящему звуку и пропуску газов. Лопнувший шар необходимо заменить новым.

2. Перегрев поршня. При недостаточной или недоброкачественной смазке или недостатках охлаждения поршень может захватываться цилиндром или, наоборот, плохая смазка вызовет быструю разработку цилиндра, кольца потеряют герметичность и начнутся пропуски газов. Если применить хорошее масло, то работу можно на время улучшить, однако рациональным средством может быть только замена поршня.

3. Нагревание подшипников. Плохая смазка может вызывать опасный перегрев подшипников, оказывающий большое сопротивление движению, так что двигатель вследствие этого может остановиться.

4. Вода в цилиндре. При недостаточном уходе за глушителем из него может проникнуть в цилиндр вода и вызвать при значительном ее количестве воздушно-гидравлический удар; небольшие же количества воды могут попадать на раскаленные стенки запального шара и вызывать в нем трещины. Присутствие воды ухудшает состав смеси.

5. Неплотности в уплотняющих поверхностях. Неплотности клапанов, продувание крышки и т. п. могут нарушать компрессию и этим ухудшать до степени полной остановки работу двигателя. Неплотности узнаются через сопротивление при сжатии; например, если повернуть маховик в сторону движения и удержать его в этом положении некоторое время, то при освобождении его он с силой должен отойти назад; по степени этого усилия можно судить о вероятности пропусков. Можно повернуть маховик и в обратную движению сторону; в таком случае, при неплотности поршня, возникает свистящий шум. Некоторые поверхности соприкосновения, в зависимости от удобства, проверяются на просачивание масла, мыльной воды, колебание пламени свечи или колебание наложенных у сомнительного места шерстинок и т. д.

6. Причины случайного характера. Могут, например, забыть пополнить расходный топливный бак; может засориться фильтр, трубопровод, выпускное отверстие распылителя; могут образоваться в трубопроводе воздушные мешки, препятствующие свободному прохождению нефти; может случайно в топливо попасть вода.

Неправильный уход за установкой обычно вызывает медленное, но неуклонное нарастание уменьшения мощности. Потеря в мощности может явиться следствием засорения масляной коркой сечения выпускного трубопровода и глушителя. Это явление особенно резко проявляется при

неаккуратной смазке поршня, редком пользовании краном для спуска масла, неправильном подводе топлива. Периодически следует отвертывать от глушителя трубу, осматривать и выжигать отдельные ее секции на кузнечном горне до полного выгорания внутренних отложений. Если трубопровод имеет недостаточный диаметр или его линия образует излишние углы, колена и т. п. то нужно все это исправить, придав трубам нужный диаметр, а линию трубопровода провести возможно прямее, сделав углы отложе.

Потеря в мощности может быть вызвана также неправильной работой выпускного клапана, например, вследствие ослабления, не говоря уже об изломе пружины. В этом случае при всасывающем ходе выпускной клапан может приоткрываться и пропускать в цилиндр отработавшие газы, которые портят новую смесь, иногда настолько, что она не в состоянии бывает даже воспламениться. В результате выпадает ряд вспышек и, следовательно, рабочих ходов.

Стуки или удары в двигателе обычно являются результатом игры частей благодаря увеличившимся зазорам, причем такие стуки носят правильный характер и иногда отдаются в цилиндре. Неправильные удары вызываются неисправностями в зажигании, когда нарушается регулярность вспышек. Толчки, сопровождающиеся ударами в большинстве случаев происходят по причине образования преждевременных вспышек.

Не всегда легко бывает определить природу стуков, в особенности в тех случаях, когда они отражаются в других частях машины. Прежде всего нужно выяснить характер стука, т.-е. имеет ли он четко выраженную последовательность или происходит случайно, без какой-либо закономерности. В первом случае следует искать причину в опорах вращающихся и вообще движущихся частей; во втором—в разверке механизма распределения, регулирования или зажигания. Например, калоризатор очень легко может послужить источником преждевременного возгорания рабочей смеси, что нередко случается при замене калоризатора другим, несколько иной конструкции, и что подчас ставит в тупик обслуживающий персонал. Дело в том, что форма шара и расстояние его нижней части от пространства сжатия цилиндра имеет большое значение для правильности отправления процесса воспламенения; это расстояние не должно быть чрезмерно мало, а шар желательно иметь с некоторой конусностью. Если бы оказалось, что расстояние между шаром и камерой сжатия очень мало, можно попытаться несколько сузить сечение канала заложением в него железной (если нет под руками чугуновой) трубки. Лучше же всего, конечно, заменить калоризатор другой, более подходящей конструкцией соответствующих размеров.

Явление преждевременных вспышек может возникать и при переходе с одного сорта топлива на другой, например с более низкой точкой воспламенения. В этом случае должны неизбежно возникать преждевременные вспышки, если не предусмотрено изменение величины пространства сжатия. Возникновение преждевременных вспышек вследствие высокого сжатия может быть устранено введением в цилиндр добавочного коли-

чества воздуха или уменьшением количества топлива; иногда—увеличением циркуляции охлаждающей воды или впрыском внутрь.

При недостаточном уходе за внутренними полостями цилиндра, например вследствие плохой или редкой очистки камеры сгорания, поршня и выпускного клапана, а также в результате неправильностей в смазке, остающиеся несгоревшими частицы масла могут тлеть и служить источником возгорания прежде времени новой смеси. Небрежно обрезанные асбестовые прокладки с выдающимися внутрь цилиндра концами также могут вызывать самовозгорание.

Остановка нефтяного двигателя происходит примерно в той же последовательности, что и двигателя Дизеля. Прежде всего переводят машину на холостую работу отводя рабочий ремень или разобщая другое сцепление. Затем прекращают подачу в цилиндр топлива выключением насоса. Если калоризатор раскален докрасна, нужно дать ему остыть при открытых заслонках на холостом ходу. Открывают демопрессионный кран и прекращают компрессию. Выключаются все аппараты смазки, масленки и т. п. Приток охлаждающей воды прекращают не ранее того, как машина остыла. В холодное время года необходимо не забыть выпустить всю воду из охлаждаемых полостей и трубопровода.

Производится осмотр всех частей и креплений, в том числе шатунных болтов, противовесов, всех подшипников, креплений маховика и т. д.

Если неисправностей не обнаружено, двигатель ставится на ход, закрывается декомпрессионный кран, машина тщательно обтирается и убирается. При обнаруженных неисправностях, таковые должны быть, само собою разумеется, устранены и притом по возможности немедленно.

С. Исправление недостатков, обнаруживаемых непосредственно при пускании в ход и во время работы бензиновых и керосиновых двигателей.

При работе керосиновых и бензиновых двигателей чаще всего встречаются следующие неисправности.

Двигатель вовсе не начинает работать.

Двигатель начинает работать только после многих безуспешных поворачиваний маховика.

Двигатель работает неправильно.

Двигатель вдруг останавливается во время работы.

Двигатель развивает слишком малую мощность.

Двигатель работает с ударами.

В клапанах для всасывания воздуха раздаются взрывы.

Найти настоящую причину неисправности двигателя бывает по большей части очень трудно, почему машинисты нередко пытаются устранить ее помощью всякого рода бесцельных мер, не задавая себе труда выяснить истинную причину ее.

Такие приемы, однако, утомительны и отнимают много времени, а потому ниже даются некоторые указания, как устранить главные недочеты, имеющие место при работе бензиновых и керосиновых двигателей.

1) Двигатель отказывается служить уже при пускании его в ход; во время зажигания в выпускной трубе слышатся взрывы.

Причина: заело шпindelь клапана, или выпускной клапан неплотно прилегает к седлу.

Вспомогательные средства для устранения этой неисправности:

а) сделать слишком плотно сидящий клапан более подвижным, пуская по каплям керосин в трубочку, специально устроенную для этой цели у большинства двигателей. Затем надо поднимать и опускать клапан, пока он не будет ходить совершенно свободно;

б) в том случае, если и облегчение хода клапана не поможет, необходимо вынуть весь клапан и удалить с его поверхности приставшие посторонние тела.

Объяснение причины такой неисправности: если выпускной клапан не совсем плотно закрывается, то часть невоспламенившегося заряда попадет в период сжатия в выхлопную трубу и в выхлопной горшок. При последующем зажигании запал, вследствие неплотности клапана, передается смеси, имеющейся в выхлопном горшке и трубе, где она зажигается, и продукты горения будут с большим или меньшим шумом выходить наружу из трубы, поршень не получит должного толчка и двигатель не придет в движение.

2) Двигатель отказывается служить при пускании его в ход, воспламенение совершается через более значительные промежутки времени, и толчки, сообщаемые поршню, оказываются недостаточными, чтобы развить нормальную скорость двигателя.

Причины:

а) пружина выпускного клапана или сломана или слишком слабая; натянута;

б) запальное устройство не в порядке;

с) содержание в смеси керосина или бензина слишком незначительно.

Вспомогательные средства для устранения этих недочетов.

а) Подтянуть пружину выпускного клапана; наблюдать за ним во время периода всасывания, до тех пор, пока будут видны или осязательны колебания стержня клапана: это будет означать, что пружина еще недостаточно подтянута.

б) Следует наблюдать за пламенем лампы, служащей для зажигания (при этом устаревшем способе зажигания); она должна при горении издавать известный шум и гореть синим не ярко светящим пламенем. Прочистить мелкие отверстия в горелке; устранить засорения из трубки, служащей для протока бензина. Если горючий материал подводится к лампе под давлением воздуха, то необходимо всегда предварительно проверить, имеется ли в резервуаре надлежащее давление.

с) Изменить состав смеси, переставив регулирующий прибор, кран для паров бензина или прибор для подведения керосина.

Объяснение вышеизложенных мер.

а) Если пружина выпускного клапана слишком слаба, то последний, подобно тому как и впускной клапан, благодаря всасывающему действию поршня будет всякий раз открываться в период всасывания, а потому кроме заряда в двигатель будет всасываться воздух, а также продукты горения, которые будут разбавлять смесь и делают ее невоспламеняемой; вместо чистого заряда смеси окажется заряд, состоящий из разреженной, несгоревшей смеси, которая в ближайший период всасывания соединилась с свежее поступившей в двигатель надлежащей смесью. Во время второго всасывания через выпускной клапан будут уже вступать не воздух или продукты горения, а разбавленная ими смесь; таким образом, после этого второго всасывания в пространстве сжатия, где происходит сгорание, будет иметься более надлежащая смесь, которая после каждого всасывания будет все более обогащаться горючими примесями и, наконец, станет воспламеняемой. После воспламенения этой смеси мы возвратимся опять к начальной стадии образования смеси, и должно снова пройти 4 — 6 оборотов двигателя, пока не получится воспламеняемая смесь, которая при сгорании сообщит толчок поршню. Смотря по тому, в какой степени слабо натянута пружина, подобные отдельные периоды охватывают большее или меньшее число бесполезных ходов двигателя.

б) Если пламя лампы не имеет достаточно высокой температуры и потому запальная трубка нагревается слабо, то нормальное содержание в заряде паров горючих веществ будет недостаточно для того, чтобы могло начаться воспламенение у стенок запальной трубки.

И здесь подобно тому, как и в случае а), после каждого несостоявшегося воспламенения происходит обогащение смеси горючими газами; а для более богатой смеси слабо нагретая запальная трубочка оказывается достаточной для воспламенения и толчки, сообщаемые поршню, получаются лишь периодически. При каждом воспламенении камера, где происходит сгорание, нагревается все более и более; запальный канал также все более и более нагревается, и может случиться, что двигатель при дальнейшей работе начнет правильно работать, хотя запальная трубка слабо нагрета.

с) Если смесь слишком слаба вследствие того, что сечение для притока горючих материалов было слишком мало открыто, то и здесь может иметь место постепенное обогащение смеси, пока она не станет воспламеняемой.

Об электрическом способе зажигания и характерных неисправностях сказано дальше в связи с зажиганием газовых двигателей.

3) Двигатель отказывается работать; при пускании его в ход в период сжатия слышится шипение.

Причина: запальная трубочка или испаритель не плотно завинчены.

Средство для устранения этой неисправности: нужно осторожно подтянуть болты запальной трубочки или поставить новые уплотняющие прокладки,

Объяснение этого: запальная трубочка может лишь тогда действовать, когда она совершенно плотно завинчена; до тех пор, пока смесь будет протекать через фланец запальной трубки наружу, воспламенение не может передаваться заряду в пространстве сжатия.

4) Затруднения при пускании в ход двигателя. В период сжатия в цилиндре слышится шипение; в зазоре между поршнем и цилиндром образуются пузыри.

Причина: неплотность поршня.

Средство для устранения этой неисправности.

Обильно смазать поршень густым маслом; быстро пустить в ход двигатель; если все это не поможет, поставить новые поршневые кольца.

Объяснение этого. Поршневые кольца, тело поршня и скользящая поверхность цилиндра с течением времени изнашиваются. Полукающаяся вследствие этого неплотность между поршнем и стенками сильно уменьшает всасывающее действие поршня; к небольшому количеству всасываемой смеси примешивается наружный воздух, вследствие чего смесь становится слабой, трудно воспламеняемой. Кроме того, вследствие неплотности поршня значительная часть смеси во время периода сжатия теряется; наконец, сжатие нельзя довести до такой степени, чтобы горючая смесь была загнана в запальную трубку до места, где происходит зажигание. Если теперь, в зазор между поршнем и цилиндром налить густого масла, и как можно скорее вращать маховик, то этот зазор на время может быть доведен до той степени, которая необходима для воспламенения. Если, теперь, после нескольких воспламенений двигатель приобретет более быстрый ход, то время для проникания наружного воздуха и удаления наружу смеси будет все меньше, указанный недостаток будет все менее и менее давать себя знать, и двигатель начнет работать с полной скоростью и производительностью.

Совершенно полного проявления всей мощности нельзя, конечно, требовать от двигателя с неплотным поршнем; в то же время при меньшей производительности он будет расходовать сравнительно много топлива. Кроме того, вследствие проникания через неплотности продуктов горения, стенки цилиндра, а также и поршень сильно нагреваются, смазка выгоняется наружу, поршень работает сухим и весь двигатель начнет быстро портиться, если во-время не поставить новых поршневых колец.

5) Двигатель останавливается во время работы.

Причины этого:

а) нагревание подшипников или поршня вследствие недостаточной смазки и других причин;

б) неисправности в изоляции при электрическом зажигании;

с) перегрузка.

Вспомогательные средства в этих случаях.

а) Ощупыванием отыскивают греющийся подшипник; если все холодно, то это значит, что или поршень получает недостаточную смазку и работает всухую, или шатун слишком туго сидит на болту у поршня. Если подшипники греются, то это может происходить или вследствие того, что болты в крышке подшипника слишком сильно подтянуты, или вследствие

несвоевременной смазки, или засорения трубок, подводящих смазку, или, наконец, вследствие того, что забыли пустить в действие масленки. На все эти обстоятельства следует обратить внимание при осмотре подшипников и исправить все недочеты.

б) Если зажигание производится посредством электричества, то следует прежде всего проверить, хорошо ли завинчены зажимы, служащие для закрепления проволоки проводников, не износилась ли изоляционная обмотка проволоки в тех местах, где она соприкасается с металлическими частями двигателя; следует также снять с места контакты и посмотреть, не попало ли масло в место соприкосновения штифта и рычага контакта или, вообще, не было ли по какой-либо другой причине нарушено на этом месте металлическое соприкосновение данных частей.

б) Двигатель, снабженный запальной трубкой, вдруг среди работы останавливается, так как прекращаются воспламенения смеси; между тем, лампа для накаливания трубки горит хорошо, а клапаны плотно закрываются.

Причина: засорение запальной трубки сажей и т. п.

Средства для устранения этой неисправности и объяснение причины их; указанное явление по большей части имеет место при керосиновых двигателях, у которых впускные и выпускные клапаны сидят в одной коробке. Лишь только к двигателю будет подводиться слишком много керосина, или он будет слишком сильно смазываем и охлаждаем, в коробке клапанов начнут собираться несгоревшие остатки, которые быстро вызовут засорение канала или отверстия запальной трубочки. Засорение может иметь место и в том случае, если двигатель продолжительное время будет работать при меньшей против нормальной нагрузке. В этом случае для большинства керосиновых двигателей следует переставить аппарат, регулирующий приток керосина и воды для охлаждения двигателя.

7) Ход двигателя получается неправильный, так как от времени до времени не получаются воспламенения.

Причина: недостаточное количество подводимого к двигателю горючего материала (бензина или керосина).

Вспомогательное средство: состав смеси при керосиновых и бензиновых двигателях не есть нечто постоянное; качество каждого отдельного заряда горючего материала не всегда бывает точно одинаково, поэтому машинист должен всегда контролировать состав смеси, всякий раз, как приходится подводить к двигателю новое количество горючего материала. Для этой цели торможением маховика нагружают двигатель приблизительно до полной нагрузки и уменьшают подведение горючего материала настолько, чтобы двигатель работал с пропусками; затем начинают постепенно увеличивать количество подводимого горючего до тех пор, пока воспламенения не начнут опять получаться регулярно и из трубы будет происходить опять нормальный выход продуктов горения, что можно определить по слуху.

8) Ход двигателя неравномерный: он вращается периодически то быстрее, то медленнее.

Причина: недостаточная чувствительность регулятора.

Средства для устранения таких недочетов: смазывать шарниры у регулятора, удалить сгустившуюся смазку, прибавляя к ней по каплям керосин; если распределение производится помощью кулачков, то надо посмотреть, не сработались ли они; если это действительно имеет место, то необходимо их привести в надлежащее состояние или заменить новыми.

9) Двигатель развивает недостаточную мощность; выход из трубы продуктов горения совершается слабо и медленно.

Причины:

а) сужение выпускного клапана и выпускной трубы вследствие отложений на них;

б) пружина впускного клапана, если он работает автоматически, слишком сильно подтянута.

Средства для устранения этих неисправностей:

а) Удалить имеющиеся в трубе или клапане отложения; если очистка выпускной трубы потребует слишком много времени, а работу двигателя нельзя прерывать, то уравнивают временный трубопровод для отведения продуктов горения.

Объяснение этого явления: вследствие сужения выпускной трубы, что при керосиновых двигателях случается очень часто, получается не только тормозящее противодействие в период выпуска, но получается гораздо более остатков в камере, где происходит сгорание, а потому туда в следующий период всасывается меньше смеси. Все это способствует образованию более слабых зарядов, которые медленно горят, дают меньшую мощность и требуют лишь бесполезной траты горючего материала;

б) Урегулировать напряжение пружины.

Объяснение этой неисправности: слишком сильное натяжение пружин у автоматически действующих клапанов способствует тому, что в двигатель попадает меньший заряд горючего материала; клапан открывается позже и закрывается раньше, — а потому остается меньше времени для восприятия смеси.

10) Двигатель работает со стуком, стук повторяется при каждом рабочем ходе поршня.

Причины:

а) ослабла шпонка для закрепления маховика;

б) получаются преждевременные воспламенения смеси, так как температура воспламенения горючего материала оказывается ниже температуры, получаемой при сжатии.

Вспомогательные средства и объяснение данных неисправностей: при керосиновых двигателях, работающих со сравнительно высоким сжатием, температура сжатия почти равна температуре воспламенения смеси; поэтому достаточно если вода для охлажде-

ния имеет слишком высокую температуру, температура сжатия слишком рано поднимается выше температуры зажигания; вследствие этого, заряд воспламенится раньше, чем кривошип перейдет через мертвую точку; следствием этого являются „толчки“ в двигателе, которые будут тем сильнее, чем раньше происходит воспламенение.

Если вдруг начинают получаться удары в двигателе, который до этого времени работал спокойно, то это надо приписать употреблению горючего, обладающего слишком высоким удельным весом. Вспомогательным средством в данном случае можно рекомендовать сильное охлаждение двигателя и сужение отверстия для прохода смеси, не изменяя ее состава, следовательно, уменьшение количества подводимого воздуха и горючего.

11) Слышится треск в глушителе или в отводной трубе.

Причина: воспламенение смеси во время периода всасывания от способных еще гореть остатков горючего материала в глушителе.

Средство для устранения этой неисправности: подводить больше горючего материала или меньше воздуха. Объяснение этого явления: если мы после пуска в ход двигателя не успели правильно установить состав смеси, то после того, как двигатель достигнет уже нормальной скорости, в нем будет образовываться слабая, медленно горящая смесь, процесс сжигания которой не будет еще окончен тогда, когда начнется всасывание нового заряда; этот последний воспламенится от прикосновения с тлеющими остатками прежнего заряда в тот момент, когда впускной клапан еще открыт, и продукты горения с большим или меньшим треском устремятся в отводную трубу.

Д. Некоторые указания относительно двигателей, работающих на легких сортах топлива.

Помпочки для подачи керосина. При обыкновенной температуре керосин испаряется, сравнительно с бензином, в слабой степени, а потому для получения керосиновых паров нельзя пользоваться всасывающими генераторами-испарителями, как это имеет место в бензиновых двигателях, и как мы это увидим ниже, а необходимо прибегать к раздроблению или пульверизации керосина, и что нередко еще важнее, к нагреванию раздробленного керосина. Нагревание всей массы керосина также не могло бы дать каких-либо удовлетворительных результатов, так как испарялись бы только более летучие части, и оставалась весьма трудно летучая смесь. Из этого следует, что в испаритель двигателя необходимо подавать в каждый период всасывания только то небольшое количество керосина, которое необходимо для производства работы в течение соответственного цикла. Для возможности этой подачи керосин должен находиться под известным давлением. Простейший способ получения этого давления состоит в помещении резервуара с керосином на некоторой высоте сравнительно с испарителем двигателя. Но способ этот имеет тот недостаток, что по мере расхода керосина или бензина уровень в резервуаре понижается, вместе с тем уменьшается напор, под которым горючая жидкость поступает в испаритель, а потому уменьшаются и порции этой жидкости.

Для устранения этого недостатка прибегают к небольшой помпочке. На фиг. 765 имеем разрез такой часто применяемой помпочки, системы Grob и Co. Из высокорасположенного резервуара, проходя через фильтр, керосин направляют в выем *R* насосного цилиндра. При положении поршня *A* насосный цилиндр через клапан *K* может наполниться керосином. Если мы теперь поршень *A* передвинем вверх, то поперечный канал в поршне будет примыкать к стенкам цилиндра и в цилиндре керосин не будет иметь возможности проникнуть при подъеме поршня *A*; вместе с тем откроется запорный ventиль *V* и керосин продавится поршнем в испаритель. Если мы теперь будем изменять ход поршня *A*, то количество керосина, необходимое для составления смеси горючего, может быть строго регулировано.

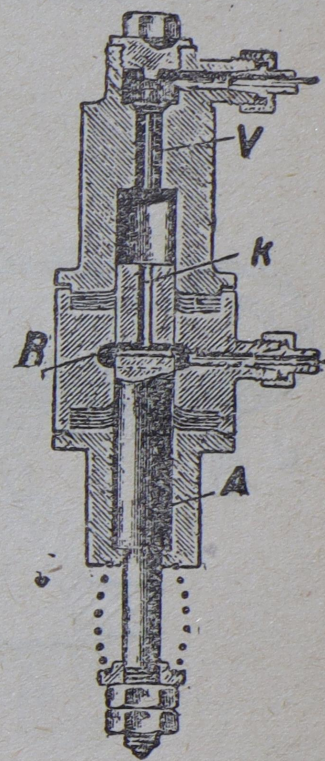
Само собою ясно, что помпочки для керосина должны быть изготовлены чрезвычайно тщательно, так как керосин легко просачивается через малейшие неплотности. При пуске в ход подобные неплотности между поршнем и его цилиндром или между ventилем и его седлом дают себя скоро почувствовать, так как двигатель не приходит в движение.

В данном случае при пускании машины в ход надо сделать несколько качаний поршенька помпочки, дабы получить в испарителе некоторый запас керосина и иметь возможность получить смесь надлежащего состава, чтобы двигатель мог начать работать. Когда двигатель получил уже свое число оборотов, то вышеупомянутые неплотности уже не так дают себя чувствовать при дальнейшей работе машины, так как при быстрых качаниях поршенька помпочки через неплотности не смогут проникать большие количества керосина.

Испарители для керосина применяются двух систем.

- 1) Собственно испарители.
- 2) Распыливатели.

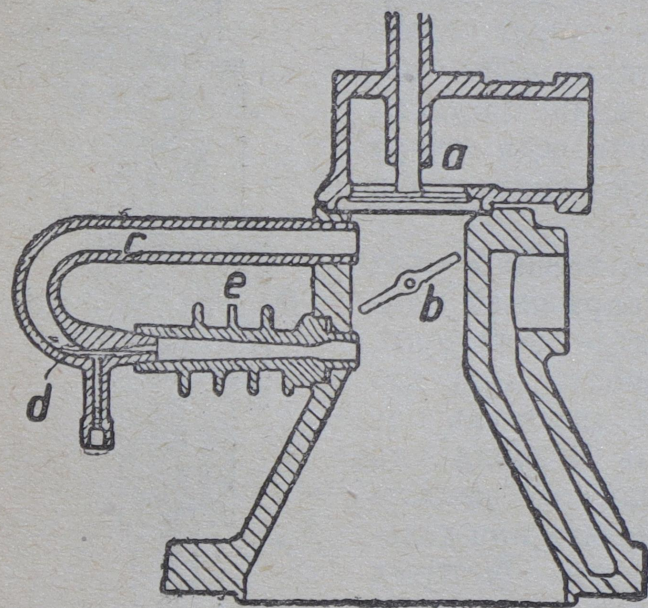
При нагревании введенного в испаритель керосина следуют двумя путями: или употребляют умеренное нагревание, или же весьма сильное. При умеренном нагревании только часть керосина действительно испаряется, часть же всасывается в цилиндр в жидком раздробленном состоянии, при чем много керосина осаждается на стенках цилиндра; часть этого керосина испаряется и сгорает в период общего горения и следующего за ним расширения (дополнительное горение), но все же значительное количество испаряется и совершенно бесполезно уносится из цилиндра в период выпуска (около 20% полного расхода керосина). Кроме того, продукты неполного горения имеют в высшей степени неприятный запах, что затрудняет применение двигателя в жилых поме-



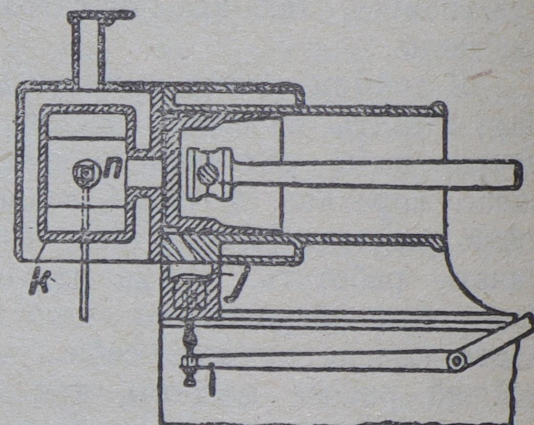
Фиг. 765.

щениях; наконец, вследствие неизбежности некоторых неплотностей в поршне, стыках, клапанах и т. д., этот запах проникает даже в машинное помещение, так что от машины, несмотря на вполне опрятное содержание, постоянно пахнет керосином и продуктами его неполного сжигания. Но зато подобное состояние керосина, вводимого в цилиндр, допускает сильные сжатия (до 6 ат), без опасения вызвать преждевременное самовоспламенение (бензин вообще допускает сжатие также до 6 ат), так что потеря по неполноте горения может быть вознаграждена более высоким тепловым коэффициентом полезного действия действительно сгоревшего топлива.

При способе энергичного нагревания испарителя можно достичь полного испарения керосина, может быть, даже небольшого перегрева паров его. Главный недостаток этого способа нагревания заключается в том, что легко может произойти преждевременное самовоспламенение горючей смеси в течение периода сжатия, почему



Фиг. 766.



Фиг. 767.

сжатие не следует доводить выше 4 ат. Таким образом нельзя получить особенно высокий коэффициент полезного действия, но зато горение будет более полное, чем в первом случае.

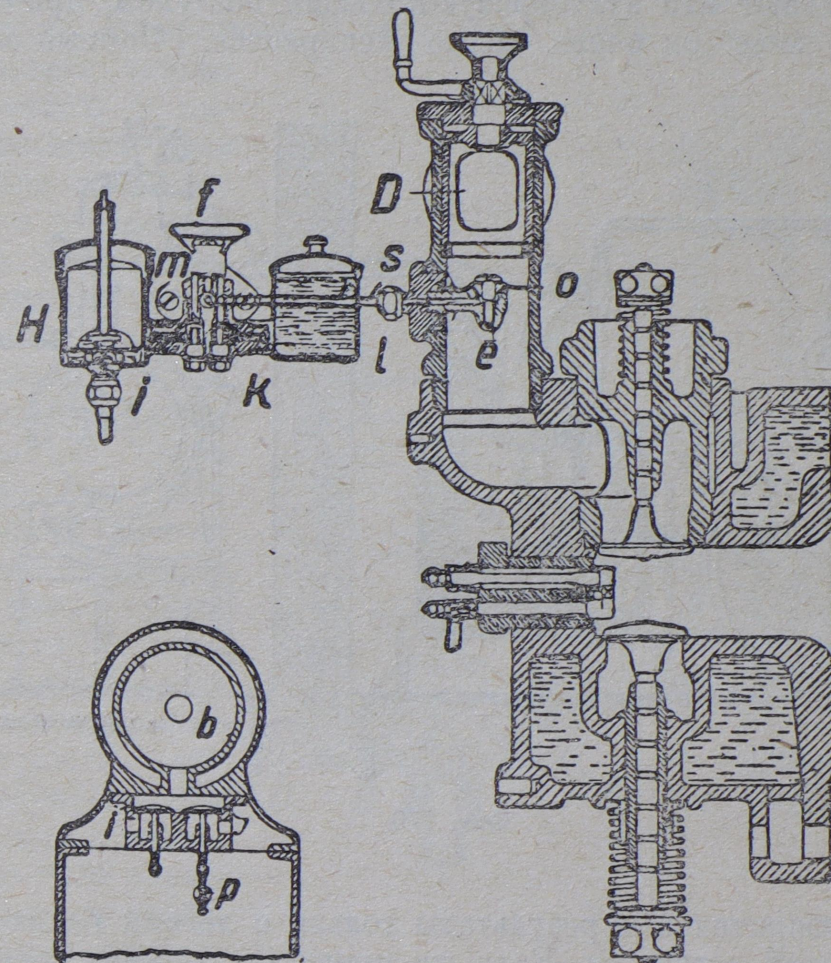
Также надо заметить, что присутствие раскаленного испарителя делает машину более огнеопасной, в то время как в двигателях с испарителями первого рода этой опасности можно почти избежать, применяя электрическое запальное приспособление. Конструкция таких испарителей видна на фиг. 766 и 767.

На фиг. 766 через всасывающий клапан *a* вступает воздух, который частью обходит дроссельный клапан *b*, частью же проходит через канал *c* и идет в цилиндр, захватывая по дороге поданный керосиновой помпкой керосин в *d* и испаряемый в ребристом испарителе *e*.

На фиг. 767 *k* — испарительная камера, соединенная непосредственно с цилиндром; в нее в период всасывания или сжатия через клапан *n*

проходит жидкое горючее, а через клапан *i* (фиг. 768) помещенный в особой камере воздух непосредственно проходит в цилиндр *b*; в этой же клапанной камере помещен и выпускной клапан *J* (фиг. 767).

Распылители имеют целью ввести в цилиндр горючее в виде „холодного пара“, т.-е. тумана, смешанного с воздухом. При превращении тумана в пары, которое происходит главным образом во время сжатия, затрачивается часть тепла сжатия, и конечная температура получается при более высоком, а следовательно и более выгодном сжатии.



Фиг. 768.

Фиг. 769.

На фиг. 769 имеем распылитель для керосина и спирта. Через кран для воздуха *D* вступает атмосферный холодный воздух. Лейка *e*, снабженная отверстиями *o*, при помощи трубы *s* соединяется с клапанной камерой. В зависимости от положения маховичка *f* труба *s* находится в сообщении либо с клапаном *k*, сообщенным с резервуаром для бензина, которым пользуются для пуска машины в ход, либо с клапаном *m*, сообщаемым с резервуаром *H*, играющим роль регулятора давления и который с своей стороны через клапан *i* сообщается с помпкой, подающей в *H* керосин или спирт. Действие резервуара

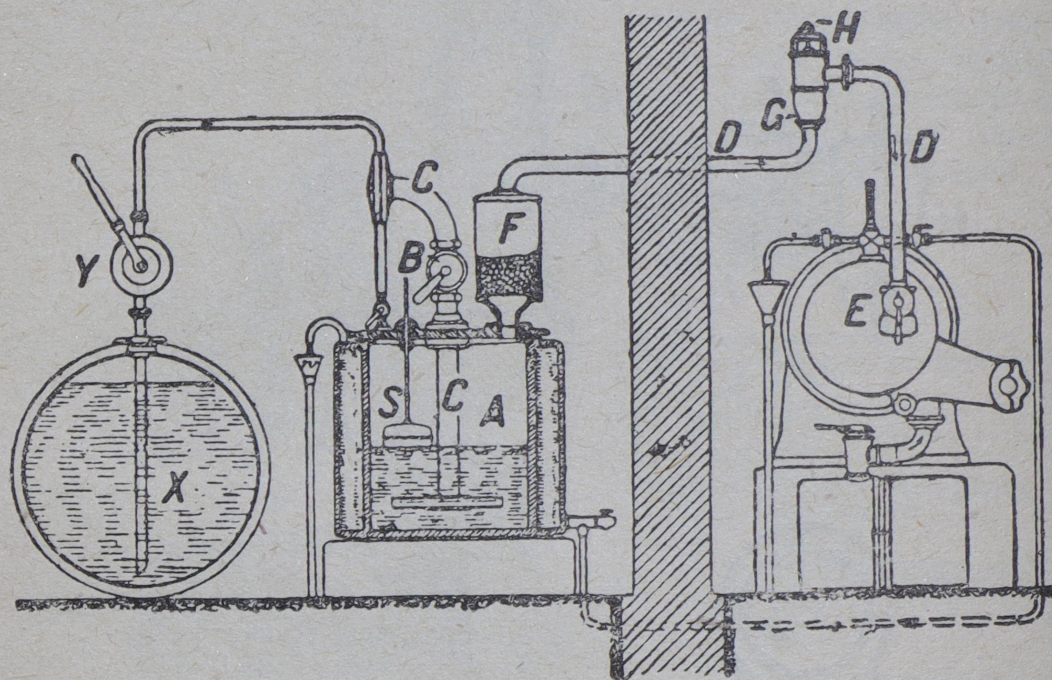
пояснено ниже, при рассмотрении распылителей для бензина. Эти испарители и распылители применяются для трудно летучих сортов горючего (керосина, газа и спирта).

Когда горючим служит бензин (лигроин), то пользуются карбюраторами.

Для получения паров бензина для действия двигателя пользуются двумя способами:

1) Пропускают через бензин воздух, который и насыщается парами бензина;

2) Распыливают или пульверизируют бензин воздухом, причем в мелко раздробленном виде он очень легко испаряется. Первый метод дает



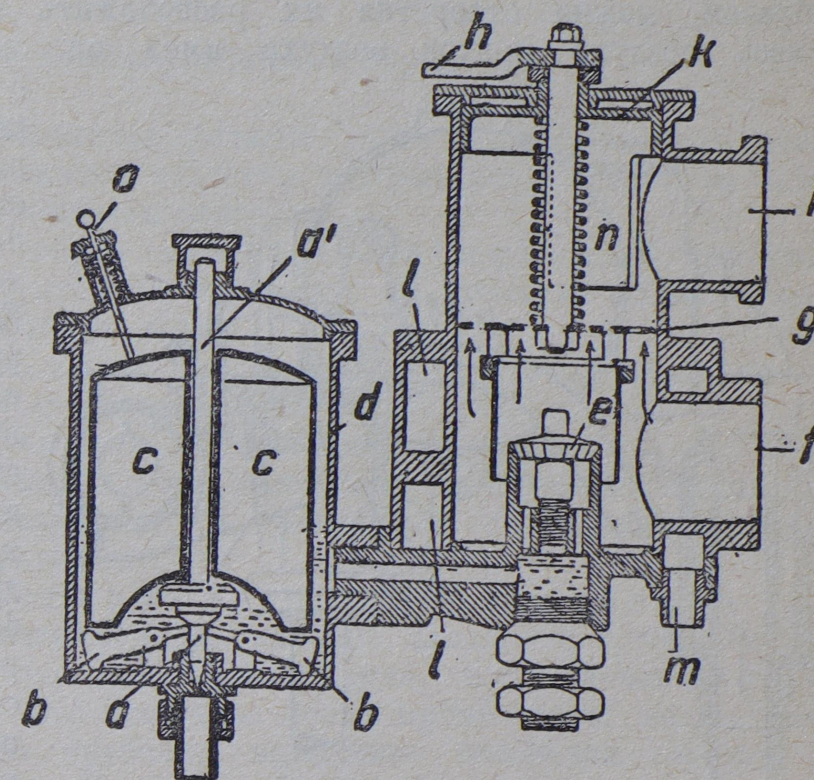
Фиг. 770.

вполне удовлетворительные результаты только с легким бензином, вследствие его большой летучести. Если же пропускать воздух через тяжелый бензин, то сначала будут испаряться почти исключительно более легкие углеводороды, и в сосуде, в котором происходит испарение, останется трудно испаримая смесь. Посему для испарения тяжелого бензина, а тем более керосина, прибегают ко второму методу, т.е. пульверизации; при испарении керосина при этом вообще еще необходимо подогревание пульверизованной смеси.

На фиг. 770 представлена примерная конструкция бензинового испарителя, действующего по первому способу. Труба *D* соединена с цилиндром двигателя; в период всасывания в цилиндре через эту трубу устанавливается в резервуаре *A* некоторое разрежение; тогда внешний воздух, преодолевая давление бензина, входит в трубу *C* и ее нижнюю широкую часть, откуда подымается кверху через множество мелких отверстий, при

чем по пути насыщается парами бензина; наконец, из резервуара *A* смесь воздуха и паров бензина устремляется через трубу *D* в цилиндр двигателя в периоде всасывания. Эта смесь содержит такое количество паров бензина, что имеющегося в ней воздуха совершенно недостаточно для горения, а потому цилиндр должен иметь еще особую трубу для всасывания свежего воздуха, который смешивается с горючей смесью из испарителя, совершенно подобно смешению газа и воздуха в собственно газовых двигателях. Вследствие большой огнеопасности бензина, должны быть приняты все меры, чтобы воспрепятствовать проникновению пламени в резервуар *A* испарителя. В виду этого труба *D* снабжена клапаном *G*, открывающимся только

по направлению к цилиндру двигателя, так что обратное пламя из цилиндра, в случае его внезапного возникновения, само должно, вследствие избытка давления, закрыть клапан *G* и, наоборот, открыть выпускной клапан *H*. Труба *D* содержит еще сосуд *F*, наполненный щебнем, лежащим на проволочной сетке; кроме предохранительного от огня значения, щебень служит еще для некоторой очистки горючей смеси. Для предупреждения проникновения в резервуар какого-либо внешнего пламени, а также для удержания некото-



Фиг. 771.

рых легких плавающих в воздухе тел, служит проволочная сетка, помещенная в приемнике *B* трубы *C*. Кран *E* должен быть закрыт при остановке двигателя. Насос *Y* служит для наполнения резервуара *A* бензином. Для большей безопасности лучше всего вводить бензин через трубку из резервуара, расположенного в безопасном месте, при помощи особой небольшой помпички. Обыкновенно в испаритель вводят сразу такое количество бензина, какое необходимо для суточной работы.

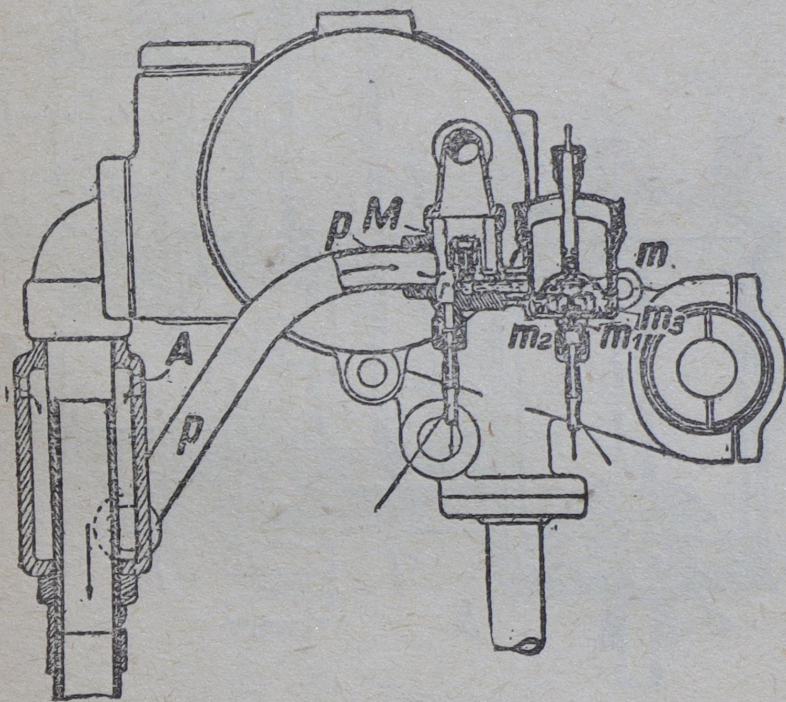
Поплавок *S* указывает на количество бензина в испарителе.

При испарении бензина температура его будет понижаться, что повлечет за собою уменьшение испарения; для предупреждения этого бензин в резервуаре *A* подогревается теплой водой из водяной рубашки цилиндра двигателя.

Карбюратор-распылитель по типу Languemog'a указан на фиг. 771. Запорный клапан *a* выбалансирован рычажными гирями *bb*. Пока уро-

вень бензина в резервуаре d занимает известное положение, поплавков e поддерживается гири рычагов b и клапан a открыт, но когда бензин достиг предельного положения, то поплавок поднимается и клапан a закрывается и закрывает доступ бензина в резервуар. Из этого резервуара бензин направляется в постоянно открытый распылитель; последний состоит из конуса e , который на поверхности снабжен рядом прорезов. В периоде всасывания бензин, под влиянием атмосферного давления на него в сосуде d , выбрызгивается через прорезы конуса и распыливается вступившим в то же время воздухом через штуцер f . Над распылителем имеется продырявленная пластина g , проводящая смесь в определенное направление. Установив пластину известным образом, можно отверстия их расположить так, чтобы центральная смесь воздуха приток воздуха имел на своем пути больше или

с бензином, или боковой меньше сопротивлений; таким образом, вращая пластину рычагом h , можно получить смесь горючего необходимого соотношения. Количество смеси регулируется тем, что больше или меньше открывается проход в штуцер i , что достигается вращением крышки, снабженной пластиной n , концентрической цилиндрической части этого прибора. Для увеличения испарительной способности смеси, та часть прибора, где производится распыливание, окружена кожухом l , обогреваемым исходящими продуктами и попадающими в l через канал m .



Фиг. 772.

Прибор этот приспособлен для автомобилей, и для более легкого пуска в ход имеется еще приспособление O для содействия в начале работы всасывающему действию двигателя.

Для заводских двигателей этот испаритель принимает такой вид (фиг. 772).

Воздух, вступающий через A , обогревается отработанными газами и через трубу pp попадает в ту часть карбюратора, где помещен распылитель r , который подхватывает разбрызганный бензин и направляет его во впускной клапан.

Бензин из высоко расположенного резервуара или из резервуара, находящегося под давлением, направляется в резервуар с поплавком M и рычагом с гири m_2 и m_3 , помощью которых клапан m настолько

открывается, чтобы уровень бензина в резервуаре с поплавком был только несколько ниже самого сопла распылителя. В период всасывания, когда всасывается струя воздуха через трубу p , выбрызгивается из сопла часть бензина, который и распыливается этим вступившим воздухом.

Е. Исправление недостатков, обнаруживаемых непосредственно при пускании в ход или во время работы газовых машин. При работе газовых двигателей и газогенераторов чаще всего обнаруживаются следующие неисправности:

- а) Трудное пускание их в ход.
- б) Внезапная остановка.
- в) Замедленный ход.
- г) Неравномерный ход.
- д) Ход в разнос.
- е) Машина работает несвоевременными взрывами.
- ж) Стук в машине.

Машинисты при двигателях должны уметь быстро найти, чтобы устранить все вышеупомянутые недочеты, которые могут повлечь за собою иной раз серьезные повреждения двигателя.

В нижеследующем собран целый ряд наблюдений при уходе вообще за газовыми двигателями, которыми на практике можно пользоваться с большою пользою для дела.

а) Трудное пускание в ход может иметь следующие причины:

- 1) Неисправности в приспособлениях для запала.
- 2) Не образуется способная к воспламенению смесь.
- 3) Затрудненное пускание в ход вследствие неплотности поршня.
- 4) Замедленное пускание в ход, вызываемое скоплением конденсационной воды в трубопроводах.

1) Неисправности в приспособлениях запала.

В двигателях с зажиганием при помощи запальной трубки затруднение при пускании в ход может иметь место, когда запальная трубка недостаточно прогрета. Это последнее может происходить, когда пламя, накаливающее запальную трубочку, вследствие засорения горелки, не имеет надлежащей высоты. Необходимо в данном случае прочистить горелку и так отрегулировать пламя, чтобы острым своим концом оно касалось запальной трубочки.

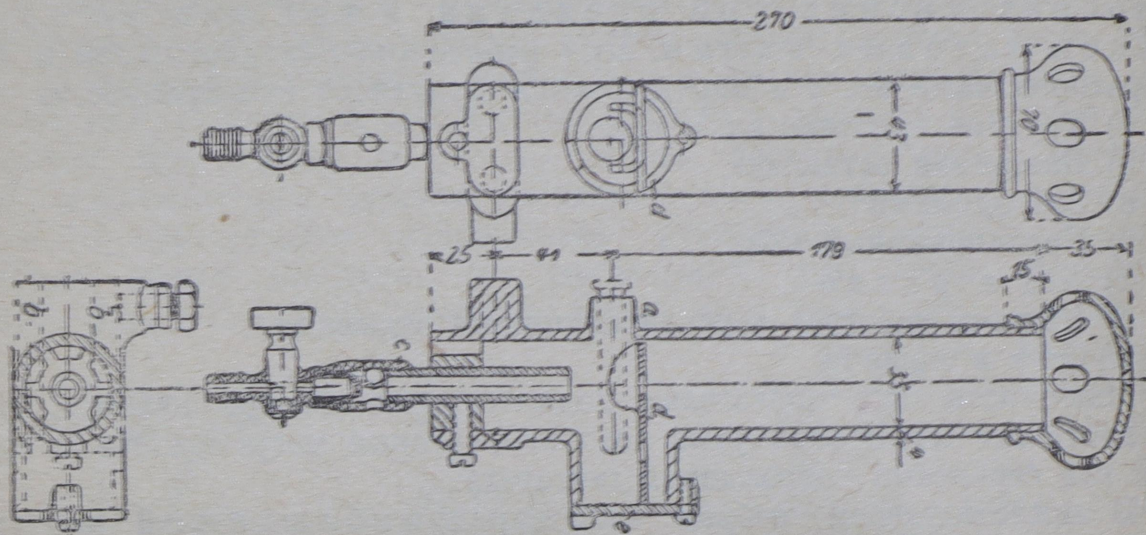
Зажигание, воспламенение, не может также проявиться и в том случае, когда, вследствие изменения в составе горючего, пояс зажигания слишком отдален от пространства сжатия, и в данном случае необходимо лампочку, накаливающую запальную трубку, передвинуть поближе к пространству сжатия. Кроме того, пламя должно иметь возможность перемещаться вертикально (см. фиг. 773).

При двигателях с электрическим зажиганием затруднение при пускании машины в ход может быть следствием слабости или отсутствия тока.

Общий принцип действия электрических запалов состоит главным образом в следующем:

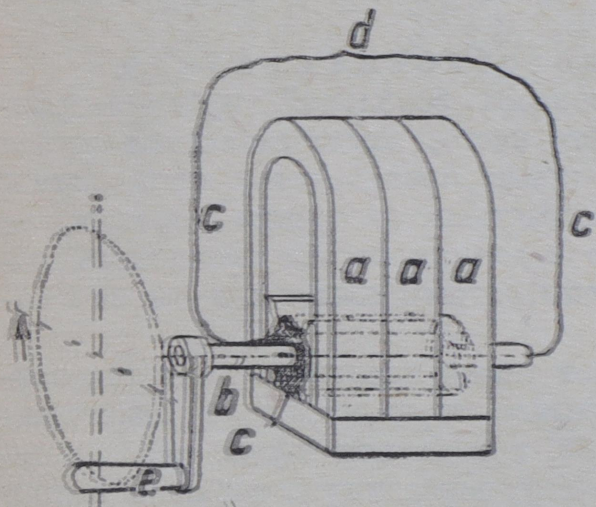
Представим себе железный якорь формы в роде двойного T , на котором проволока намотана по длине его. Этот якорь расположен между

двумя полюсами магнита, причем он обыкновенно занимает положение, указанное на фиг. 774. Будем теперь вращать якорь, насаженный на вал b за рукоятку e . Тогда спираль вращается перед концами магнита a , причем по ней проходит ток, который будет тем сильнее, чем быстрее вра-



Фиг. 773.

щается якорь, и если мы концы проволок этой спирали во время вращения якоря разведем, то между ними проскочит электрическая искра. Вместо того, чтобы вращать якорь, можно вращать щиток C (из мелкого сварочного железа) (фиг. 775) около своей оси, что производится в стационарных двигателях при помощи заклиненного на распределительном валу рычага m , снабженного кулачком (фиг. 776).



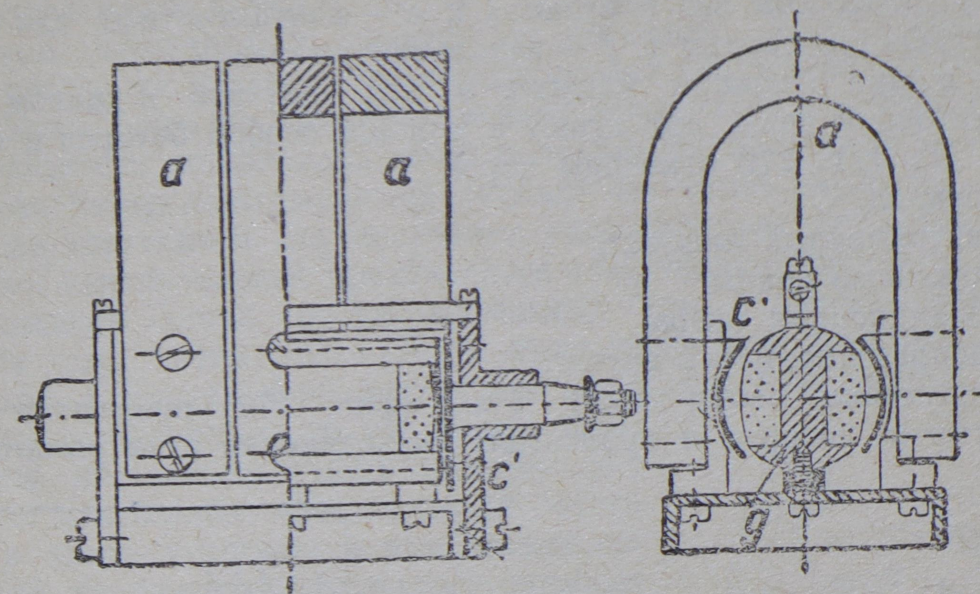
Фиг. 774.

приводится в движение особым рычагом, насаженным на распределительном валике. Пусть с рукояткой e соединены 2 плоские или спиральные пружины, которые имеют своим назначением привести рукоятку e в прежнее положение, по прекращении на него действия рычага m_1 с выступом. Тогда, конечно, в катушке появится электрический ток. Ток этот

Этот небольшой аппарат и может послужить к объяснению действия очень распространенных электрических запалов, называемых магнето.

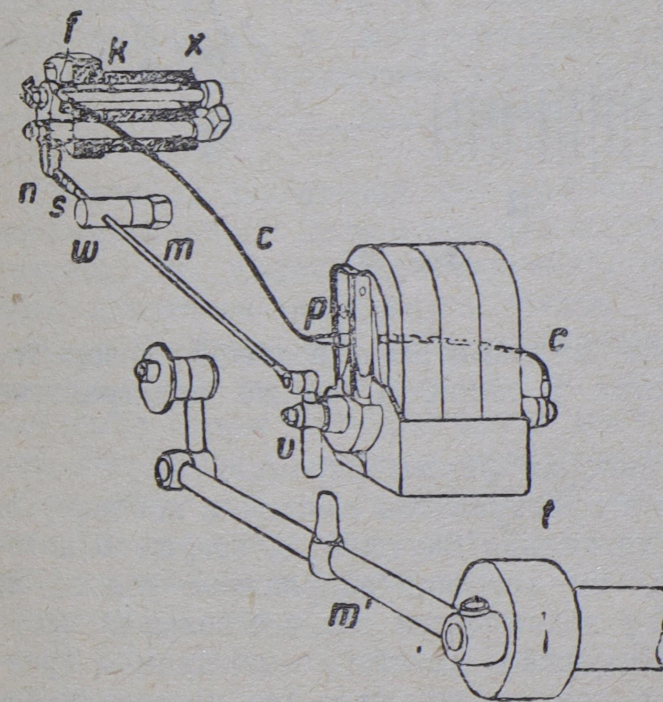
Как видим из фиг. 774, якорь не необходимо вращать кругом, можно ему дать оборот только на $1/4$ окружности. Ось b достаточно вращать взад и вперед. Насадим для этого на оси рукоятку e (фиг. 776), которая

направится по проводу c к запальному штифту k , который помещается в середине запальной крышки, входящей во внутрь пространства сжатия

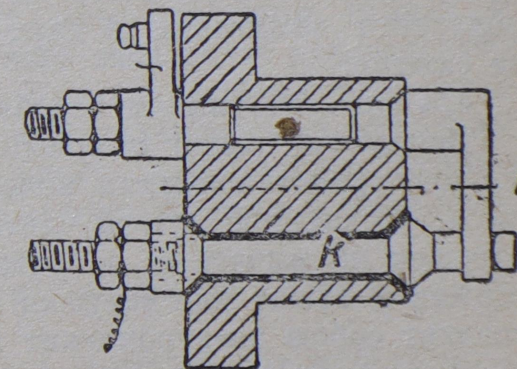


Фиг. 775.

От штифта k ток направляется на прилегающий к нему рычаг l , откуда он идет обратно к обмотке на якоре. Но когда рычаг e приводит в действие рычаг m_1 с выступом, то приводится в движение и рычаг m , который с своей стороны действует на рычаг n , связанный с ломаным рычагом ln , прилегающим к штифту k . Рычаг l при помощи пружины o отжимается, и тогда между l и k проскакивает искра, которая и воспламе-



Фиг. 776.



Фиг. 777.

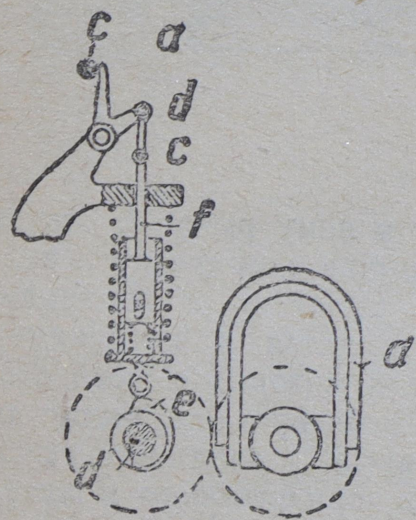
няет горючее в пространстве сжатия. Такой запал применяется при двигателях примерно до 400 оборотов. При машинах с большим числом

оборотов и самый якорь вращается: подобный электрический запал показан на фиг. 778. Здесь *a* — магнитный аппарат с вращающимся якорем; *d* — распределительный вал с кулаком *l*; *c* — контакт-штифт для зажигания в пространстве сжатия и *f* — запальная штанга.

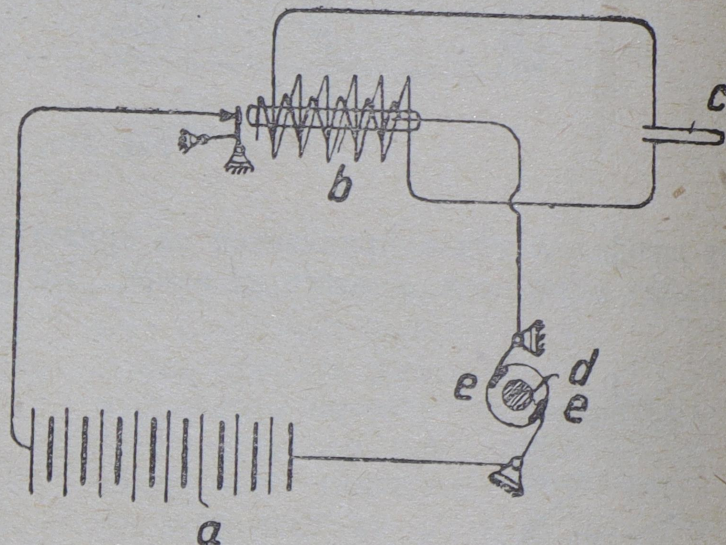
Чтобы и при пускании машины в ход получать в данном случае искру достаточной силы, прибегают к помощи особой батареи и спирали Румкорфа. На фиг. 779 отмечены через

- a* — батарея,
- b* — индукционный аппарат,
- c* — запальные концы,
- d* — изоляционная сфера,
- e* — распределительный валик.

Для получения искры между *l* и *k* (фиг. 777) применяют особые электромагниты, которые и производят разъединение этих рычагов. Этот



Фиг. 778.



Фиг. 779.

способ дает возможность, особенно в двигателях большой мощности, произвести зажигание в двух местах в одном и том же пространстве для сжатия.

На фиг. 780 имеем подобный аппарат фирмы Кертинг.

Запальный рычаг *a* примыкает в пространстве сжатия к контакту *b*. Вне пространства сжатия имеется магнитная катушка *c*, стержень которой *d*, уточненной своей частью *e*, на котором закреплено кольцо *k*, подвешен на рычаге *a*, и пружиной *f* подпирается так, что большая часть стержня *d* лежит вне катушки *c*. Катушка *c* вместе с стержнем *d* представляет собою электромагнит и при помощи кольца *m* (из мягкого железа) представляет одно целое с рычагом *a*.

Если из батареи *g* пустить ток и если в то же время он пойдет через контактный рычажок *h*, соприкасающийся в данный момент к контакту *i*, тогда в то же время втянется стержень *p*; он отождет рычаг *a* от контакта *b*, где и получится сильная искра.

После всего сказанного, если при зажигании при помощи электрического запала, пускание в ход машины не ладится и если источником для получения тока будет батарея, то, чтобы убедиться в правильном функционировании последней, в полюсах ее зажимают, хорошо очищенную в концах, проволоку и свободные концы проволоки приводят в соприкосновение. Если искра не появится, значит батарея не в исправности и надо либо жидкость возобновить, либо очистить ее составные части; если имеем вместо батареи аккумулятор, то надо его вновь зарядить.

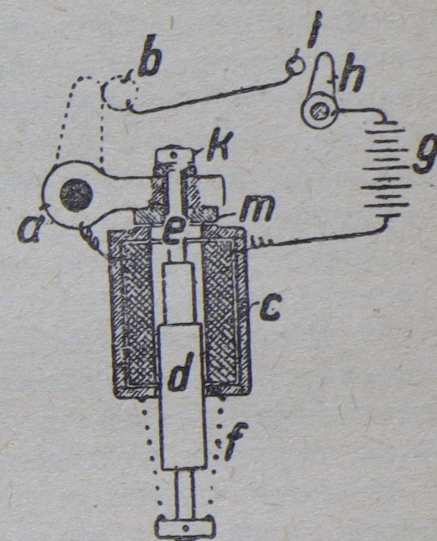
Если же источником для получения тока будет магнето, то определение причины неисправности производится следующим образом.

Освобождают якорь от удерживающих его в среднем положении пружин для того, чтобы легко было манипулировать с якорем. После того рычагом, имеющимся на валу якоря, приводят последний в быстрое качательное движение; в то же время притрагиваются концами проволоки зацепленного в клемме к какой-либо металлической части магнето, и когда чувствуется наибольшее сопротивление на рукоятку, проволоку снимают с этой металлической части. Если аппарат правильно функционирует, то в этот момент, при снятии проволоки, должна появиться искра; если же искра не появится, то значит аппарат имеет какой-либо недостаток. Если же искра появится, то значит аппарат функционирует правильно, и неправильность где-нибудь вне его и, вероятнее всего, в плохом контакте тех частей, где должна появиться искра.

В газовых двигателях эта причина часто может иметь место. Дело в том, что вступающий в двигатель газ, пройдя через скруббер, увлекает собою некоторое количество влаги. При пуске в ход, когда части цилиндра холодны, эта влага осаждается у холодных внутренних стенок цилиндра, а в то же время и на деталях электрического запала, и проявление искры не может иметь места. Тогда запальную крышку снимают, нагревают ее и опять привинчивают. Наконец контактные части вообще могут быть загрязнены, сделаться не металлическими, то опять таки надо очистить их, сняв запальную крышку. Наконец изолировка между запальным штифтом и его обоймой может быть попорчена, что требует исправления.

2) Не образуется способная к воспламенению смесь.

а) Это может зависеть от слишком малого числа оборотов. Для того, чтобы двигатель мог начать функционировать, он должен быть доведен по крайней мере до 60 оборотов в минуту. Если же двигатель приводится в движение и число его оборотов меньше, то скорость подводимых к двигателю газов очень мала и в смесительном клапане не может обра-



Фиг. 780.

зоваться надлежащая смесь. Устранить этот дефект возможно, установив для двигателя необходимое ему число оборотов.

б) Достаточному образованию смеси могут противодействовать засорения или неплотности в трубопроводе. Двигатель может принять либо очень мало, либо слишком много газа. В двигателях, питаемых светильным газом, сужение в газопроводе может возникнуть вследствие скопления воды в местах наиболее низкого уровня или же — скопления твердых частиц, могущих выделиться из светильного газа при резких колебаниях температуры в различное время года. В обоих случаях двигатель может быть пущен в ход, но по совершении небольшого числа оборотов останавливается, так как первоначально расходует и мевшийся уже запас газа в машине, и лишь после того сужение сказывается в недостаточном притоке газа. В данном случае воспламенение может происходить в известные периоды почти непосредственно перед совершенной остановкой двигателя, ибо чем движение медленнее, тем благоприятнее складываются условия для образования надлежащей смеси. Таким образом, поддерживается периодическое движение двигателя. Вернейшим признаком может служить состояние газового мешка. Стоит лишь на него посмотреть, чтобы убедиться, что он в подобных случаях будет совершенно пуст, и стенки его окажутся спавшими.

Причина может скрываться также и в газометре; последний автоматически прекращает пропуск газа, если уровень воды чрезмерно понижается. В зимнее время вода может также замерзнуть и остановить движение барабана. Поэтому газометры, при конструкции коих это обстоятельство не принято в соображение, следует всячески оберегать от мороза, окружив их худыми проводниками тепла.

К числу средств, устраняющих рассмотренные неудобства, следует отнести: спуск воды из расположенных соответствующим образом в низших точках проводов водоотделителей, или же, если устройство последних не было предусмотрено, то просверливают небольшое отверстие дрелью и снабжают его резьбой с целью плотного закрытия по спуске воды.

Удаление же твердых осадков может быть произведено лишь после того, как разберут трубы.

Замечаемый недостаток воды в газометре должен быть пополнен; образовавшийся лед оттаивают горячей водою. При газометре больших размеров выгоднее для этой цели прибегнуть к окутыванию их вместе с нагретыми камнями еще и шерстяными одеялами.

Засорение газопроводов твердыми осадками — вещь весьма неприятная. Важно обнаружить ее как можно скорее, дабы, удостоверившись, таким образом, в причине неправильного действия двигателя, сообщить своевременно газовому заводу с целью принятия последним известных мер.

К счастью, подобные нарушения правильного действия двигателя обнаруживают не внезапно и опытный машинист поймет своевременно, в чем дело. Слабое раздутие мешка, слабо горящая пробная горелка, не наступающие долгое время вспышки — вот признаки, которые укажут ему на неисправное состояние газопровода.

Если спуск осевшей воды не помогает делу, то можно быть уверенным в том, что причиной засорения служит скопление образовавшегося в трубах нафталина. Длинные, узкие, не скрытые от воздействия холода провода более всего подвержены засорению. Если поперечное сечение труб было взято надлежащих размеров, то отложившиеся вещества, хотя и вызовут некоторое сужение провода, но оно не так скоро скажется заметным образом.

Были также неоднократно наблюдаемы случаи недостатка в притоке газа при расположении нового двигателя вблизи работающих уже старых двигателей. Понятно, что при питании нескольких двигателей одним и тем же газовым заводом большую роль играет длина трубопровода и его поперечное сечение. Наивыгоднейшим расположением двигателя по отношению к станции следует считать то, при котором длина газопровода наименьшая; а поперечное сечение его — наибольшее; увеличение сечения может вознаградить потерю давления от большой длины.

У всасывающих газогенераторов газопроводы постепенно загрязняются, потому что кусочки угля, золы и другие битуминозные (смолистые) части могут скопляться в трубах. В особенности требуется внимательно следить за такими частями трубопровода, где происходит изменение направления и скорости, значит у впускного и газового клапанов, затем в угольниках, в трубах вступления и выхода газа из разных очистительных аппаратов. Осаждаемые из силового газа смолистые вещества могут способствовать заеданию автоматически действующих клапанов при различном положении этих последних (в закрытом ли, полуоткрытом или открытом). Отсюда ясно, что трубопроводы для газогенераторов время от времени требуют тщательной очистки, и потому трубы в данном случае необходимо расположить ровнее и снабдить их лазами.

Точно также могут вредно влиять на пуск машины в ход неплотности в соединении газопроводов, так как эти неплотности могут отражаться на возможности получения смеси надлежащего состава.

Если, например, мы имеем неплотность у крана между газометром и двигателем, то после остановки двигателя и после того, как закрыли этот кран, газ будет просачиваться в трубу и смешается там с воздухом. При пуске двигателя в ход отсосется сначала из этой части трубы воздух, потом смесь воздуха с газом и только после этого чистый газ, и потому пуск двигателя в ход будет затруднен.

Удобно для того, чтобы не приходилось считаться с подобными дефектами, иметь перед двигателем в газовой трубе пробный краник. Если у краника газ будет гореть светящимся пламенем и спокойно, значит имеем газ надлежащего качества. То же можно сделать и помощью лампочки, которой накаливается запальная трубка. У всасывающих газогенераторных двигателей эти недочеты проявляются несколько иначе. Здесь, вследствие изменяющегося разрежения в трубах при неплотностях, всасывается в них воздух, так что вследствие изменившегося состава газа при пуске машины в ход надо воздушный клапан держать почти прикрытым, а иной раз даже и совершенно закрыть его. При неблагоприятно складывающихся обстоятельствах содержащаяся в трубах смесь,

способная к воспламенению, может взорвать и разрушить весь трубопровод.

3) Затрудненный пуск в ход двигателя вследствие неплотности поршня.

Все долго работавшие двигатели трудно приводятся в действие. Причина этому большей частью кроется в пропусках, в неплотном прилегании поршневых колец к внутренней поверхности цилиндра. Как уже было сказано, для получения правильного, должного действия от взрыва необходимо, чтобы в пространстве сжатия имелась бы достаточно сжатая смесь. Если же поршень неплотно прилегает к стенкам цилиндра, то значительная часть газа уходит в течение периода сжатия через неплотность, сжатие не может быть доведено до требуемой степени, и воспламенения может не происходить.

Негерметичность поршня оказывает вредное влияние и в течение всасывания, чем и вызывается ненормальный состав смеси. Это происходит оттого, что воздух, входящий в разреженное пространство через зазоры, ослабляет силу всасывания, вследствие чего в камеру для смешения газов не засасывается достаточное количество воздуха извне, и в результате в газопроводе получается смесь с избытком газа, причем, следовательно, ослабление силы засасывания вследствие неплотности поршня ведет и к количественному и к качественному уменьшению достоинства смеси. Неудивительно поэтому, что пуск двигателя в ход связан в данном случае с большим затруднением.

Внешние признаки, указывающие на то, что в данном случае имеем дело с негерметичными поршневыми кольцами сводятся к следующим: При обратном вращении маховика давление быстро уменьшается, причем по окружности соприкасания поршневых колец с цилиндром образуются пузыри (заметим, что выходящий из треснувших пузырьков газ горюч).

Опытный механик может по некоторым внешним признакам заранее предвидеть, что скоро машина закопизничает, вследствие неплотности поршня; так, напр., внимательный наблюдатель слышит при каждом ходе поршня шипение, происходящее вследствие утечки продуктов горения, причем обыкновенно в машинном отделении распространяется неприятный запах.

В подобных случаях следует прежде всего основательно смазать поверхности цилиндра и поршня холодным густым маслом. Масло льют на цилиндрическую поверхность перед пуском в ход машины, сообщая поршню несколько движений взад и вперед; образуется как бы уплотняющий масляный слой, устраняющий неплотное прилегание поршня, по крайней мере в течение первого его хода до взрыва, так как образующимся давлением масло это тотчас же выгоняется опять. Во всяком случае весьма выгодно добиться этим путем первого воспламенения: двигателю может быть таким образом сообщена вполне достаточная скорость для образования смеси нормального состава. Чем быстрее работает двигатель, тем менее заметно вредное влияние неплотности поршня, так как утечка смеси перед ее сгоранием значительно сокращается, вследствие

малой продолжительности соответствующих промежутков времени. Самый пуск в ход не отличается от описанного в предыдущем случае, причем также пользуются помощником для постоянного открытия газового клапана.

3а) Затрудненный пуск двигателя в ход вследствие неплотности в выпускном клапане.

Подобное обстоятельство случается в практике весьма часто и даже почти регулярно каждый раз после продолжительного бездействия двигателя, напр., после воскресных и праздничных дней и т. п. Причины этого в большинстве случаев кроются в том, что шпindel клапана для отработавших газов заедается скопленным обуглившимся маслом или ржавчиной.

Клапан этот, как известно, открывается действием плотно придавливающей его пружины, которая, как оказывается, иногда не в состоянии достаточно прижать тарелку клапана к седлу вследствие накопившейся на шпинделе ржавчины или угольных частиц, препятствующих его свободному движению. Иногда неплотность может также возникнуть вследствие ослабления самой пружины, сильного нагревания или ослабления сдерживающих ее гаек, наконец тарелка клапана может изнашиваться, быть покрыта сором или сажой.

Итак, мы должны рассмотреть следующие причины, влекущие за собой неплотности в клапане.

1) Клапан, оседая, не доходит до седла, так что плотного соприкосновения между клапаном и седлом не происходит.

2) Пружина слишком ослаблена.

3) Действующая поверхность тарелки клапана сработана или повреждена.

Как уже было упомянуто, первое обстоятельство имеет место весьма часто и почти даже неизбежно, а потому и в самом клапане имеется приспособление для предупреждения нарушения его правильного действия в подобных случаях.

Маленький канал, ведущий извне к верхней части шпинделя, служит для впускания нескольких капель керосина, стекающих затем по стержню и растворяющих затвердевшее масло, причем несколько раз опускают и поднимают клапан рукою. Таким образом подвижность клапана восстанавливается.

Но этим приспособлением обыкновенно забывают пользоваться своевременно, и приходится считаться все-таки с возникающими затруднениями, вследствие того, что в пространстве сжатия остается мало смеси.

Какими внешними признаками, спрашивается, следует при этом руководствоваться? Во-первых, следует обратить внимание на расстояние, остающееся между конусом клапана и его седлом. Если оно незначительно, то не может оказывать большого влияния на состав смеси, но все-таки неплотность эта при первых медленных оборотах может быть до того чувствительна, что вследствие недостаточного сжатия воспламенения не произойдет, так что смесь, содержащаяся в цилиндре, удалится несгоревшею в выпускную трубу. Если продолжать вращать

маховик вторично, то клапан еще раз поднимается и опускается, при чем обыкновенно, он становится несколько подвижнее и может опуститься ниже. Неплотность, таким образом, в значительной степени уменьшится; вращая маховик с большою скоростью, можно достигнуть того, что условия, способствующие воспламенению, становятся более благоприятными. Если последнее произойдет и не сразу, то во всяком случае при одном из следующих оборотов. Но в пространстве сжатия и в выпускном отделении, соединенных теперь друг с другом зазором, в клапане будет находиться способная к воспламенению смесь. Если, поэтому, произойдет зажигание смеси в пространстве сжатия, то оно передается через выпускную щель в клапане и смеси, содержащейся в выпускном отделении, в котором также произойдет взрыв, причем продукты горения беспрепятственно выйдут через выпускную трубу наружу. Этим и объясняется происхождение столь знакомого машинистам взрыва в выпускной трубе. Как видно, взрыв этот является следствием неплотного прилегания тарелки клапана к седлу.

Как уже было указано, возможность такого явления может быть устранена своевременным смазыванием шпинделя керосином.

Если же тарелка клапана продолжает значительно отставать от седла и промежутки этот при дальнейшем вращении маховика не уменьшается, то и состав всасываемой смеси будет неудовлетворителен, и не произойдет достаточного сжатия ее; маховое колесо вращается довольно легко и может быть остановлено в любом положении, вследствие отсутствия достаточного противодействия; не слышно также и легкого хлопанья при открытии клапана. Вообще привычному машинисту тотчас же бросается в глаза необычно тихий и бесшумный ход двигателя. Стоит ему лишь при этом взглянуть на находящийся в покое механизм, регулирующий выпускной клапан, и он тотчас же увидит в чем дело.

Если ослабление пружин незначительно, то при каждом всасывании смеси последняя разбавляется лишь незначительным количеством воздуха и сохраняет свою воспламеняемость, так что двигатель будет работать, но с несколько уменьшенной мощностью.

При более значительном ослаблении пружины, т.е. при соответственно большем притоке излишнего воздуха, обстоятельства складываются менее благоприятно. Рассмотрим, каково будет в данном случае влияние излишка воздуха на образование смеси и на состав ее. При первом всасывании из распределительной камеры притекает способная к воспламенению смесь, и в то же время через неплотный выпускной клапан проходит лишний воздух; вследствие этого смесь разрежается несколько, что теряет свойство воспламеняемости. При втором всасывании происходит опять то же самое, но так как теперь пространство сжатия было наполнено предварительно не чистым воздухом, а разреженной смесью, то состав последней обогатится содержанием газа, и она может приобрести свойство воспламеняемости, если не сейчас же, то еще после нескольких всасываний, так как смесь ими сильно разрежается и опять необходимо несколько всасываний для ее обогащения газом и т. д. Мы видим, таким образом, что хотя двигатель и будет „работать“, но взрывы будут про-

исходить лишь через известные, весьма продолжительные промежутки, в течение которых воспламенение происходит не будет.

Не нагруженный двигатель начнет все-таки вращаться быстрее, сила засасывания будет расти, а вместе с нею будет поддаваться все более и более пружина клапана. Промежутки времени между двумя последующими взрывами будут увеличиваться, наступят даже совсем периоды с пропуском. О развитии полезной рабочей силы не может быть и речи при таких условиях.

Как мы увидим ниже, подобное состояние двигателя, при котором взрывы происходят лишь „периодически“, может быть вызвано и другими обстоятельствами, причем причиною этого явления будет всегда служить „медленное обогащение“ смеси газом.

Внешние признаки подобного рода нарушения правильного действия были уже отчасти нами указаны.

Прибавим, что, взявшись рукою за шпиндель выпускного клапана, можно чувствовать в течение периода всасывания вибрацию его (быстрые колебания), которые однако, вследствие своей незначительности, не могут быть услышаны или видимы простым глазом.

Если наконец, пружина весьма ослабла, то воспламенения или вовсе не происходит, или оно требует очень долгого вращающего маховика. В последнем случае двигатель, правда, начинает работать, но постепенно будет замедлять свой ход, при чем перед самою остановкою его произойдет следующий взрыв и т. д. То обстоятельство, что воспламенение будет иметь место незадолго до полной остановки машины, объясняется тем, что при меньшей силе всасывания, входит и меньшее количество постороннего воздуха, способствующего большему разрежению, так что состав смеси тем лучше, чем медленнее движется тогда поршень.

Внешним признаком при ослаблении пружины может служить „легкий треск“ у выпускного клапана в период всасывания, при чем подпрыгивание клапана можно даже наблюдать во многих случаях простым глазом.

Все эти нарушения правильного действия могут быть устранены натяжением пружины, подвинчиванием гаек и контргаек, а также, если потребуется, заменою самих ослабших пружин.

В заключение, нам остается рассмотреть еще тот случай, когда неисправность состоит в повреждении пришлифованных поверхностей клапана или же в нарушении плотного прилегания их к гнезду, из-за посторонних приставших твердых тел.

Смотря по величине образовавшейся при этом неплотности, наступают те же явления, которые имеют место и при заедании шпинделя: „треск“ при выпуске отработавших газов, или же полный отказ двигателя при попытке пустить его в ход. Ненормальность в ходе может быть устранена открытием клапана и удалением приставших к пришлифованным поверхностям частиц, после чего их снова притирают наждачным порошком. Клапан для отработавших газов — весьма существенный орган машины. Повреждение его случается весьма часто и, к сожалению, влечет иногда самые неприятные последствия, не только потому, что силь-

ные, подобные пушечным выстрелам, взрывы газа вызывают подчас панику, но, главным образом, по той причине, что для отвода продуктов горения газомоторов нельзя пользоваться каменными дымовыми трубами, так как отходящие, часто несгоревшие газы еще обладают свойством воспламеняемости. Во многих случаях выпускать продукты горения прямо в дымовые трубы было бы незаменимым удобством: не слышно было бы и шума, происходящего при выпуске отработавших газов, не происходило бы и потери мощности, имеющей место при длинных выпускных трубопроводах со многими изгибами, не требовалось бы издержек на возобновление проржавевших труб,—но, к сожалению, это невозможно.

Конструкторам газовых двигателей предстоит еще благодарная задача: устроить выпускной клапан таким образом, чтобы несгоревшая смесь выходить через него ни в коем случае не могла.

Точно так же запальный рычаг может неплотно сидеть в своем гнезде; тогда необходимо снять фланец запального прибора, очистить плоскости соприкасания и уплотнить фланцы как можно тщательнее, пользуясь для этого асбестовым картоном, клингеритом, кизельгуром, и опять его поставить на место. При уплотнении клапанных коробок, которые помощью конических поверхностей уплотняются в головку цилиндра, необходимо тщательно почистить соприкасающиеся поверхности, а при необходимости—даже прибегнуть к пришабровке их.

4) Замедленный пуск в ход, вызываемый скоплением конденсационной воды в выхлопном горшке, цилиндре или в пространстве сжатия.

Часто случается при длинных трубопроводах для отработавших газов, особенно в холодное время года, что в глушителе скопляются значительные количества конденсационной воды, при чем ее иногда забывают спустить.

Если затем двигатель снова попытаться привести в действие, то мыслимо и возможно, что при медленном вращении маховика вода поступит непосредственно через открытый выпускной клапан в пространство сжатия.

Само собою понятно, что при таких обстоятельствах двигатель не может начать работать, ибо присутствие распыленной воды лишает газовую смесь свойства воспламеняемости.

Внешними признаками служит выбрызгивание воды из запальной трубки; при не слишком длинных трубопроводах для отработавших газов можно заметить также выбрызгивание из конца их воды наружу. Чтобы устранить отмеченное неудобство, следует вынуть поршень и разобрать клапан, и скопившуюся в упомянутых пространствах воду засосать тряпкой или оческами. Если количество набравшейся воды незначительно и имеются свободные рабочие руки, то, продолжая вращать маховик, придерживая в то же время выпускной клапан, можно, и не вынимая поршня, вызвать сильную тягу, способствуя, таким образом, быстрому испарению воды,

Ухаживающие за двигателями машинисты часто не могут себе объяснить истинной причины скопления воды и полагают, что причиной этого служит трещина или неплотность в цилиндровой втулке.

Наиболее подвержены вышеуказанной случайности двигатели вертикального типа, в коих пространство сжатия и выпускной клапан расположены низко, а глушитель иногда находится почти на равной с ним высоте. В горизонтальных двигателях глушитель расположен всегда значительно ниже и для возможности перехода в рабочий цилиндр скопившейся воды, последняя должна сравнительно высоко подняться в выхлопной трубе. По изложенной причине в двигателях вертикального типа выхлопные горшки следует всегда делать возможно большей емкости—для свободного скопления воды.

б) Внезапная остановка двигателя может быть следствием следующих причин.

- 1) Недостатков в запальной трубке.
- 2) Недостатков в электрическом запале.
- 3) Недостаточном подводе горючего.

Недостатки в запальной трубке могут быть двоякого рода:

а) Чаще всего приходится иметь дело с дефектом, состоящим в том, что калильная трубка лопнула, что проявляется треском и сопровождается шипящим шумом при каждом ходе поршня. Надо поставить новую запальную трубочку.

б) Пламя, охватывающее запальную трубочку может погаснуть или вследствие сквозного ветра, или вследствие того, что подвод газа к горелке уменьшился. Сквозной ветер надо, конечно, устранить; что касается уменьшения подвода газа к горелке, то, осмотрев горелку и найдя все в исправности, нужно искать причину в более отдаленных пунктах: не собралась ли вода в газометре, не присоединен ли к общему газопроводу другой двигатель, и тогда надо обратиться к центральной станции.

О других причинах остановки работы машины, где главную роль может играть запальная трубочка, см. выше.

В двигателях встречается часто запал следующего устройства (фиг. 781): металлическая пробка *A* (различной формы), снабженная винтовой нарезкой, прикрепляется к машине. Пробка имеет концентрическое отверстие *B*, в котором помещен изолированный фарфоровый стерженек. Внутри этого стерженька имеется проволока *C*, которая оканчивается с одной стороны платиновым конусом *a*, а на другом—винтом *D*. Далее в пробке *A* укреплена другая проволока *E*, оканчивающаяся противоположно концу *a* платиновым же концом *b*; между остриями *a* и *b*, отстоящими друг от друга большею частью на 1 мм, проскакивает электрическая искра. Прибор этот, как видим, очень прост, но в работе он вызывает часто массу недоразумений, так как для правильного его действия необходим ток довольно высокого напряжения, и проводка требует тща-

тельной изолировки; в особенности часто прибор этот отказывается правильно работать вследствие того, что между *a* и *b* осаждается нагар и соединяет между собою обе эти полюса, и искры не образуется. В таких случаях аппарат отвинчивают, очищают полюса и весь аппарат от жира, влаги и сажи, осматривают тщательно изолировку, а если необходимо, то сменяют ее. Если все-таки аппарат не функционирует, тогда осматривают магнето, батарею или аккумулятор; если и тут все в исправности, тогда вероятность дефекта в обмотках индукционных катушек, так как ток в большинстве случаев доставляется при этих запалах гальваническими элементами или индукционными катушками.

О дефектах в электрических запалах других конструкций нами уже указано было выше.

Таким образом, электрические запалы бывают трех родов:

- 1) электромагнитные запалы,
- 2) электромагнитный запал с индуктором и
- 3) индукционный запал.

Самый надежный, а потому и применяется для постоянных двигателей — электромагнитный запал.

3) Причинами недостаточного подвода горючего могут быть:

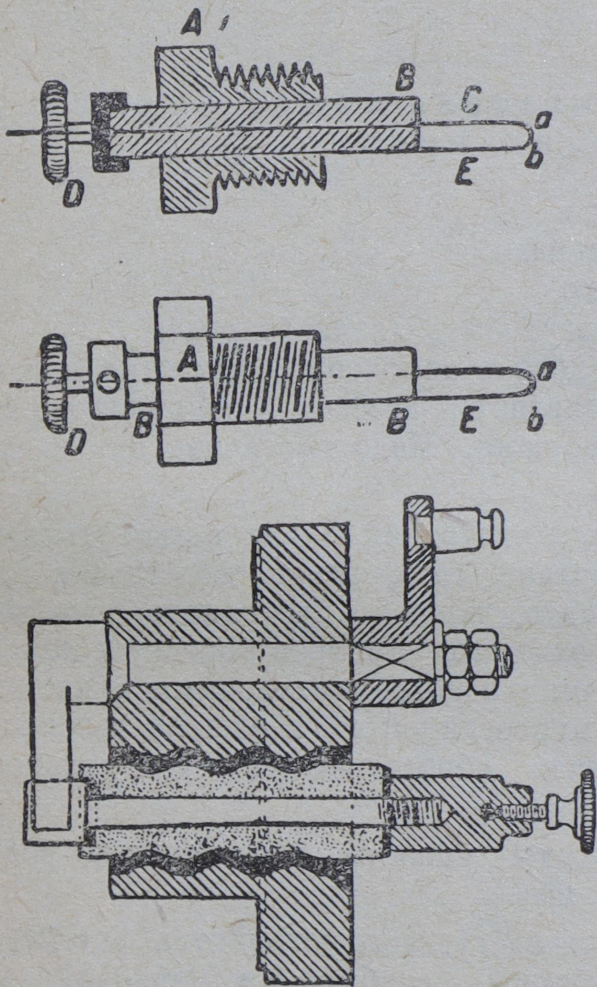
- а) уменьшение давления газа в городском газопроводе;
- б) засорение (иногда умышленное) в трубопроводе;
- с) вообще засорение трубопровода, о котором мы уже говорили.

Когда можно убедиться в том, что в общем газопроводе давление газа достаточное, но недостаточно оно в самом двигателе, вследствие малого диаметра трубопровода, то можно прибегнуть к применению 2-го резинового мешка или же к перестановке газопровода к машине.

У всасывающих газогенераторов приток газа может уменьшиться,

вследствие закупорки газопровода, что можно видеть по регулятору давления. Тогда надо руководствоваться в каждом данном случае особыми указаниями по уходу за генератором данной системы.

Но причиной в этом случае может быть и то обстоятельство, что вследствие тех или других неплотностей в трубопровод проник воздух и смесь более бедна силовым газом, и потому надо определить место неплотности.



Фиг. 781.

в) Замедленный ход машины.

Причины:

1) Недостаточный приток горючего. Устранение этой причины указано выше.

2) Неплотность в выпускном клапане. Устранение этой причины уже было указано.

3) Прекращение действия запальных приспособлений (см. выше).

4) Вследствие изменения состава газа; эта причина имеет место при газогенераторе. Данную причину выясняют тем, что или прикрывают воздушный клапан, или приоткрывают его больше и наблюдают за зажиганием, которое делается более интенсивным, ход двигателя ускоряется и в выпускной трубе слышится большой шум.

Если состав газа обеднел, то урегулировкой уменьшения притока воздуха через воздушный клапан очень трудно достигнуть правильной работы двигателя. Удобнее и практичнее обратить внимание на работу генератора и стремиться от него получить возможно лучшие результаты.

г) Неравномерный ход машины.

1) Недостаточное регулирование, как следствие малой чувствительности регулятора.

2) Двигатель на холостом валу и при малой нагрузке работает неправильно.

1) Недостаточное регулирование, как следствие малой чувствительности регулятора.

Если все части регулятора не имеют достаточной подвижности в сочленениях, то может наступить перемена в положении регулятора только при достаточном возрастании или уменьшении числа оборотов машины; таким образом, двигатель работает крайне неравномерно, что в некоторых случаях является крайне нежелательным: напр., когда двигатель применяют для целей электрического освещения.

Для устранения этого явления необходимо хорошо и правильно смазывать регулятор и время от времени очищать его при помощи керосина, для растворения сгустков масла.

При регулировании пропусками неправильно действующий регулятор может вызвать даже остановку в работе двигателя и потому необходимо время от времени посмотреть, имеется ли в сочленении надлежащий зазор, не сработались ли кулачки, выступы и т. п. детали.

2) Двигатель работает неправильно при холостом ходе и при малой нагрузке.

В двигателях некоторых конструкций регулятор один не в состоянии при разных нагрузках машины установить наилучшую смесь заряда. Когда двигатель работает при предельных нагрузках или близких к нему, эти недостатки регулятора не так чувствительны, так как относительно богатая смесь и притом сильно сжатая — легко воспламеняется. Не то бывает при малых нагрузках; в данном случае вследствие недостатка

в газе происходит медленное горение газа прошлого заряда и продолжается до вступления в цилиндр нового заряда, который при этом взрывается с значительным шумом и, само собою разумеется, работа машины будет неправильная.

Бывает при этом случай, что воспламенение первого заряда не имеет места, и взрыв наступает после прибавки второго заряда и т. д., как бы машина работала с пропусками.

В таких случаях необходимо регулировать воздушный клапан (прикрывать его), отчего устанавливается правильный состав горючего, и машина работает равномерно.

д) Двигатель идет в разнос.

Каждый машинист должен считать своей обязанностью ближе ознакомиться с теми органами своей машины, которыми он должен будет пользоваться, когда машина пойдет в разнос, как следствие дефекта в регуляторе, при котором (т.-е. при дефекте) машина проявляет большую мощность, чем машине надо было проявить в зависимости от нагрузки ее, отчего число оборотов машины значительно может увеличиться, следствием чего может явиться разрыв маховика, поломка коленчатого вала, и т. д. Машине пришлось бы после таких несчастных случаев надолго остаться в бездействии.

В таких экстраординарных случаях, как уже говорилось в другом месте, приходится одновременно призвать на помощь несколько органов машины, так или иначе содействующих работе машины.

Прежде всего, конечно, надо прекратить в машину доступ горючего. Но этого мало: надо допустить, что во всасывающем клапане имеется еще достаточный запас горючего или что помпочка для горючего, хотя она и остановлена, вследствие неплотностей в ней все-таки продолжает подавать топливо, и потому машинист не должен ограничиваться прекращением доступа горючего, но он должен одновременно прекратить возможность действия зажигания смеси (вырвав соединительную проволоку). Но и этого мало, так как двигатель, на грех мастера нет, — может продолжать работать вследствие самовоспламенения смеси, и потому надо в то же время прекратить в машину доступ воздуха; при этом, конечно, предполагается, что машинист убежден, что кран для впуска воздуха при полном закрытии не пропускает его.

Итак, когда двигатель идет в разнос, надо:

1) остановить приток горючего;

2) остановить приток воздуха;

и 3) устранить возможность действия запального приспособления.

Эти действия должен каждый машинист иметь всегда в виду, и когда случится несчастие, встретить его в полном спокойствии, так как он должен быть уверен, что победа должна всегда остаться за ним.

е) Двигатель работает „взрывами“.

Уже выше было сказано о причинах взрыва в выхлопной трубе и во всасывающей горшке.

Было указано, что в выхлопной трубе взрывы могут быть следствием тех или других неплотностей, а во всасывающей трубе как следствие неправильного состава смеси.

Впрочем эта последняя причина может вызывать взрывы и в выхлопной трубе.

Итак, для устранения взрывов при работе машины — необходимо изменить состав смеси. Для этого надо прикрыть клапан, приводящий воздух.

Затем, если цилиндр, сильно прогреется, то и при правильном составе смеси в двигателе могут появиться взрывы от несвоевременных воспламенений заряда; раскаленный цилиндр может воспламенить смолистые осадки в цилиндре, попадающие сюда при пользовании плохо очищенным газом (например, силовым). Тогда надо увеличить охлаждение цилиндра, и если это мало помогает — нужно снять головку цилиндра и прочистить ее; в таких случаях следует рекомендовать прочистить и поршень, для чего надо его вынуть.

ж) Стук в машине.

Причинами могут быть:

1) Большие зазоры или близкое соприкосновение между выступами кулаков и направляемых ими рычагов и т. п.

2) Несвоевременное зажигание.

При стуке в машине во время работы надо осмотреть, не имеется ли излишний зазор в кривошипном подшипнике, в поршневом пальце, не разработался ли паз шпонки маховика. Начинают опробование с подшипников, для чего пускают в тот или другой подшипник несколько больше смазки; если стук уменьшается, значит в этом подшипнике имеется слабина. Поршневой палец (болт) может быть при этом несколько выработан, но, однако, можно им продолжать пользоваться, повернув на 90°; замену болта производят лишь в крайнем случае. В общем уменьшают зазоры, сняв зажимы с известною осторожностью, как уже неоднократно указывалось в разных местах по отдельным главам.

Ориентировочная сводка неисправностей, возникающих при впуске и в работе двигателей.

1. Двигатели Дизеля.

А. Двигатель не дает вспышек при переводе рукоятки на нефть.

1. Число оборотов, развитое двигателем при помощи энергии сжатого воздуха, может быть недостаточным, если в машине велико трение, или он пущен под нагрузкой, или в пусковом клапане имеются неплотности или заедания.

2. Давление пускового воздуха слишком мало. Если давление достаточно в пусковом резервуаре и есть сомнения относительно плотности

пускового клапана, то при этом обычно заметно нагревается воздушная трубка от рабочего баллона.

3. Топливный насос не подает топлива вследствие неправильной установки, случайного выключения или засорения трубопроводов и фильтра.

4. В топливный трубопровод попал воздух. Недостаточное количество топлива, поданного в цилиндр подкачкой от руки.

5. Выпускной клапан пропускает, вследствие чего в цилиндре недостаточно сжатие и вспышки не происходят.

6. Будучи достаточно плотным для атмосферного давления, клапаны топливного насоса могут пропускать при давлении распыливания, вследствие чего насос не может преодолеть давления распыливающего воздуха.

7. При низкой температуре в машинном помещении топливо может иметь слишком низкую температуру и настолько сгуститься, что топливный насос не в состоянии подавать его в форсунку. Топливо не годится для пуска по своему качеству или недостаточной очистке.

8. Топливо содержит в себе количество воды, препятствующее пуску.

9. Давление пускового воздуха недостаточно вследствие пропусков поршневых колец или трещин в поршне.

10. Появление воды в цилиндре, проникающей туда вместе с распыливающим воздухом.

11. Пригорели поршневые кольца вследствие допущения высокой температуры, например по причине слишком раннего прекращения доступа воды в охлаждаемые полости цилиндра.

12. Трещина в цилиндрической крышке, вызывающая утечку воздуха, или позволяющая воде из охлаждающей камеры проникать в рабочее пространство цилиндра.

13. Заполнение камеры сжатия чрезмерным количеством нефти или дна поршня маслом.

14. Игла форсунки пропускает или не закрывается из-за отсутствия правильного зазора в распределительном механизме.

15. Игла форсунки заедает.

16. Забиты отверстия распылителя или сопловой плитки.

Для проверки появления вспышки в цилиндре двигателя нужно выключить приток топлива в тот цилиндр, в котором предполагается отсутствие вспышки, и затем вновь его включить и наблюдать за муфтой регулятора: в том случае, если она опускается, вспышка в цилиндре происходит.

В. Двигатель работает неравномерно или останавливается.

1. Происходит заедание в регулирующей системе или имеется в передачах системы слишком большой мертвый ход.

2. Топливный насос начал неправильно работать.

3. Один из цилиндров имеет неправильное сжатие.

4. Неправильно отрегулировано предварение вспышки: слишком большое или неодинаковое для всех цилиндров.

5. Давление пульверизирующего воздуха слишком велико сравнительно с нагрузкой.

6. Приток топлива неодинаков для всех цилиндров.

7. Одно колесо винтовой передачи получило слабинку или зазор между колесами слишком велик.

8. Зазоры игл форсунок не равны или одна из игл пропускает.

9. В топливе содержится вода.

10. Неправильный зазор между цилиндрической крышкой и поршнем в одном из цилиндров.

11. Отверстия в сопловых плитках слишком велики или не равны по размерам.

12. Значительно увеличено отверстие в масляном катаракте регулятора или применено слишком жидкое масло.

13. Перегрузка.

14. Затруднен чем-нибудь выход отработавшим газам в выхлопной трубе или в глушителе.

15. Если после остановки двигателя кривошип не качается около мертвой точки, то весьма возможны заедания поршней цилиндров двигателя или компрессора.

16. Дефекты в клапанах (заклинивание, вследствие прикипания, штока клапана к направляющей; пропуски из-за загрязнения седла и конуса; поломка пружины и т. п.).

17. Не заметили опорожнения топливных сосудов.

С. Стуки в шатунно-кривошипном механизме.

1. Ослабление затяжки шатунного подшипника или болтов.

2. Ослабление крепления противовеса.

3. Поршень начинает заедаться или происходит его зажатие выше крайнего верхнего кольца из-за чрезмерного нагрева.

4. Поршень неправильно центрован при установке, т.-е. хотя он и сохраняет вертикальное направление относительно оси цилиндра, но всегда прижат к одной стороне цилиндра.

5. Зазор у поршня велик. Недостаточна смазка, вследствие чего при перемене направления движения происходят стуки в подшипнике. Несколько разработался поршневой палец.

6. Перекос поршня в цилиндре вследствие непараллельности или отклонения от строго горизонтального положения обоих шатунных подшипников относительно линии симметрии.

7. Зазор в одном из шатунных подшипников велик.

8. Неисправности в сторону увеличения зазоров в рычагах и кулаках распределительного механизма; износ кулака.

9. Горение одного из подшипников.

10. Коренной вал дал неожиданно трещину.

11. Износ системы винтовой передачи; или допущен слишком большой зазор в колесах; или слабина одного из колес.

12. При съемном днище поршня возможна разладка соединения; отражатель разболтался.

13. Износ упорного подшипника, вследствие чего распределительный вал имеет большую боковую игру.

14. То же в отношении коренного вала.

15. Ослабление, износ или излом какой-либо мелкой соединительной детали (шпонка, шплинт и т. п.).

D. Резкие вспышки и удары во время работы.

1. Значительная нагрузка.

2. Неправильная циркуляция воды, в результате чего перегрев двигателя.

3. Внезапное падение числа оборотов.

4. Слишком высокое или низкое давление распыливающего воздуха.

5. Заедание одного из клапанов или временная в нем неплотность.

6. Слишком ранние или поздние воспламенения.

7. Слишком медленное закрытие или заедание иглы форсунки; неплотности в ней.

8. Допущено большое отверстие в сопловой плитке.

E. Воздушные обратные удары во всасывающем трубопроводе.

1. Всасывающий клапан неплотен или заедает, или поломка пружины.

2. Слишком рано происходит закрытие выпускного клапана (неправильно отрегулировано распределение в соответствующей части; износ кулака в месте удара в него ролика рычага).

3. Большое сопротивление в выхлопном трубопроводе.

4. Большая неплотность иглы форсунки.

5. Пригорание поршневых колец.

6. Неплотность пускового клапана (при пуске двигателя в ход).

F. Дымный выхлоп (окраска темная).

1. Значительная перегрузка.

2. Сжатие в цилиндре недостаточное для полного сгорания вводимого топлива.

3. Давление рабочего воздуха слишком низко, вследствие чего не происходит полного сгорания топлива, или происходит плохое распыливание его.

4. В цилиндры поступает слишком много топлива (игла форсунки пропускает).

5. Подача топлива в отдельные цилиндры происходит неравномерно, откуда распределение нагрузки неправильно.

6. Топливо плохого качества или слишком густо.

7. Большое сопротивление в выхлопном трубопроводе, вследствие чего часть сгоревших газов остается в цилиндре, засоряя вновь вводимое топливо.

8. Загрязнение отверстий в сопловой плитке или в распылителе.

9. Сужение сечения всасывающего трубопровода загрязнением приемного конца, благодаря чему воздуха в цилиндр поступает недостаточно.

G. Дымный выхлоп (окраска белая).

1. В глушителе имеется достаточное количество конденсата.

2. Топливо содержит воду.

3. Вода проникает в цилиндр через трещину в цилиндрической крышке.

4. Воздух очень влажен.

5. Сгорает большое количество масла.

6. Большой перегрев двигателя.

7. Спускная арматура баллона форсуночного воздуха повреждена.

H. Компрессор работает плохо.

1. Повреждение всасывающих или нагнетательных клапанов; излом клапанных пружин.

2. При слишком обильной смазке клапаны заедают, вследствие чего начинается пропуск воздуха.

3. Слишком велик зазор между крышкой и поршнем, вследствие чего происходит недостаточное сжатие.

4. Поршень ступени высокого давления загрязнен сгоревшим маслом и продвигается в цилиндре с очень большим трением.

5. Неисправность набивочных колец (пригорание, пропуски).

6. Течи в трубопроводах, вентилях и стыках.

I. Стуки в компрессоре.

1. Велик зазор в одном из подшипников шатуна.

2. Ослабление затяжки подшипника.

3. Ослабление гаек шатуна.

4. Перекос поршня и шатуна вследствие неправильности шатунных подшипников.

5. Сильный перегрев компрессора.

6. Трубопроводы ступени высокого давления загрязнены сгоревшим маслом.

В двух последних случаях нужно немедленно озаботиться исправлением дефектов, иначе возможна будет вспышка паров масла.

II. Нефтяные двигатели быстрого сгорания.

(С зажиганием от запального шара).

A. Затрудненный пуск в ход.

1. Запальный шар недостаточно нагрет.

2. В запальный шар впрыснуто слишком много топлива при закачке от руки (при этом выхлоп дает темный дым).

3. Загрязнение форсунки.

4. Форсунка не распыливает горючего, так как через различные неплотности в соединениях в форсунку вместе с топливом проникает воздух.

5. Недостаточное количество топлива или полное его отсутствие по причине проникновения воздуха в трубопровод (или по причинам случайного характера).

6. Пропуски всасывающего или выпускного клапанов.
7. Пропуски поршневых колец (недостаточное сжатие).
8. Неправильная установка распределения. Преждевременная вспышка, как следствие большого опережения зажигания, вследствие чего поршень получает толчок в обратную сторону, что вызывает чрезвычайное напряжение во всех частях двигателя.
9. Недостаточное сжатие. В двухтактном двигателе при пуске в ход иногда наблюдается колебание кривошипа то назад, то вперед. Это происходит при недостаточно мощной вспышке, вследствие неполного сжатия.
10. В распределительном механизме четырехтактных двигателей, имеющих особый выпускной ролик для уменьшения сжатия, ролик этот установлен неправильно или случайно не передвинут под свой кулак на время пуска.

В. Двигатель работает неравномерно или замедляет ход.

1. В маятниковом регуляторе ударник соскакивает с призмы, что требует шлифовки наконечника ударника.
2. Загрязнена форсунка.
3. Плохо притертый впускной и выпускной клапаны. Возможна поломка пружин или чрезмерно сильное, равно как и недостаточное их напряжение.
4. Топливный насос не в порядке (загрязнение или пропуск клапанов; заедание поршня или скалки; воздух); загрязнен трубопровод к насосу.
5. Регулятор не в порядке. При регулировании пропусками вспышки может не действовать ударник на шток впускного клапана или топливного насоса.
6. Неправильности системы поршня (неплотности колец, неверное расположение их замков по окружности, прикипание колец, поломка кольца). Плохая смазка поршня.
7. Слишком поздняя или ранняя вспышка.
8. Слабая пружина выпускного клапана, что влечет за собой при увеличении числа оборотов открытие его в периоде всасывания, позволяющее проникать в цилиндр отработавшим газам и тем самым ухудшать новый заряд.
9. Уменьшение давления в топливном резервуаре.
10. Недостатки смазки (масляный насос не действует или мало давление; при автоматической смазке плохо отрегулирована подача; неподходящее или слишком густое масло).
11. Недостаточен приток воды или совсем прекратился. Температура охлаждающей воды повышена.

12. В двухтактном двигателе с насосным шатунным пространством, на холостом ходу число оборотов может непрерывно увеличиваться при выключенном топливном насосе. Причина—скопление масла в вышеуказанном пространстве, которое, попадая в цилиндр и соединяясь с воздухом,—образует горючую смесь.

С. Двигатель не развивает полного числа оборотов.

1. Недостатки в запальном шаре. Вследствие образования нагара или при большом количестве воды, всprysкиваемой в цилиндр, происходит запаздывание зажигания. Тоже при недостаточном нагревании шара. При перегревании шара происходят преждевременные вспышки. Тоже при неправильном устройстве, если канал между камерой сжатия и внутренней поверхностью шара короток.
2. Недостатки в топливном насосе: загрязнение насоса; подача слишком большого количества топлива; тугое движение поршня, или даже заедание вследствие сильно зажато сальника; пропуски клапанов.
3. В двухтактных двигателях пропуск воздуха в воздушную коробку насоса.
4. Неисправности в клапанах: в двухтактном двигателе неплотность всасывающего воздушного клапана; плохая притирка; слишком сильная пружина на впускном автоматическом клапане; слабая пружина на выпускном клапане; загрязнения направляющей для штока; загрязнения форсунок или неплотности в соединениях, через которые вместе с горючим проникает воздух и нарушает хорошее распыливание горючего.
5. Пропуски поршня.
6. Недостаток сжатия в цилиндре (может быть из-за неплотного закрытия пробного крана).
7. Неполадки в регуляторе, например, недостаточное натяжение пружины регулятора.
8. Засорение трубопровода отработавших газов.

Д. Двигатель внезапно останавливается.

1. Неожиданная поломка частей впускного и выпускного клапанов, клапанов насоса и других частей двигателя, сразу нарушающих работоспособность системы.
2. Сильное внезапное загрязнение форсунок.
3. Сильное загрязнение запального шара или его внезапное чрезмерное охлаждение.
4. Внезапно почему-либо прекратился приток топлива.
5. В цилиндре продуло прокладку.
6. Заклинился поршень.
7. Прекратилось питание смазкой.
8. Неисправности в охлаждении: прекратился или недостаточен приток охлаждающей воды; температура воды повышена; недостаточен всprysк в цилиндр для полного хода.

Е. Стуки в шатунно-кривошипном механизме.

Причины и явления те же, что и в двигателе Дизеля (см. выше).

Ф. Резкие вспышки, взрывы, перебои, шум и т. д., явления.

Кроме причин, отмеченных для резких вспышек в отношении двигателя Дизеля, могут быть следующие.

1. Нагар в запальном шаре (запоздалое зажигание).
2. Недостаточное впрыскивание воды в цилиндр, вследствие чего допущен перегрев калоризатора и как следствие этого — образование преждевременных вспышек.
3. Слишком большое сжатие.
4. Перемена топлива на другое с более низкой точкой воспламенения.
5. Слишком поздняя вспышка вследствие неправильностей в установке распределения. В этом случае горючее, не воспламенившись в цилиндре, поступает в выпускную трубу и там, сгорая, производит сильный взрыв. Взрывы или выстрелы по этой причине могут происходить и в глушителе.
6. Если при выхлопе происходит очень большой шум, нужно увеличить приток охлаждающей воды. Иногда ненормально сильный шум вызывается недостаточностью объема глушителя.

III. Газовые двигатели.

(С зажиганием от электрической искры).

А. Затрудненный пуск в ход.

1. Неисправности в зажигании. Этих неисправностей может быть очень много, назовем некоторые из них: разрыв проводов или слабое их закрепление; цепь не замкнута; плохо отрегулирован или заедает прерыватель тока; прерыватель заржавлен; плохое закрепление контактов; неправильности установки магнето; пссякла батареи аккумуляторов или элементов; загрязнение или появление влаги на контактах запального фланца; перерыв тока между катушкой и свечами (при зажигании на свечи); появление искр на зажимах вторичного тока служит показателем неисправности или поломки свечи; при отсутствии искры в свечах могут быть загрязнены или изношены угольные щетки, неисправна изоляция в свечах или других частях, контактные поверхности распределителя плохо соединяются или загрязнены и т. п.
2. Неправильности в распределении: неправильна установка кулаков, клапанов или шестерен.
3. Пригорели поршневые кольца (причины выяснены выше); неправильно расположены замки колец; неплотности колец; поломка колец или колец; поломка поршня.
4. Засорение трубопровода отработавших газов (сужение сечения отбросами).
5. Отсутствие или слабый приток газа к смесительному клапану; очень бедная смесь.

В. Двигатель работает неравномерно и замедляет ход.

Общие всем двигателям причины отмечены выше. Из специально относящихся к газовым двигателям:

1. Неправильности в зажигании: загрязнен или влажен прерыватель; плохая регулировка; плохие соединения или слабые контакты; обнаженный проводник временами касается какой-нибудь металлической поверх-

ности; на проводник попала влага; сожжен конденсатор катушки; неисправен выключатель; при недостаточно сильном токе в цепи двигатель легко пускается в ход, но затем движение замедляется и может произойти полная остановка машины.

2. Недостатки регулирующего механизма, бедная смесь для данной нагрузки.

3. Недостатки в аппаратах, питающих двигатель силовым или каким-либо другим газом.

С. Двигатель не развивает полного числа оборотов
Общие для всех двигателей причины указаны выше для машин других систем. Специальные:

1. При зажигании на отрыв может ослабеть одна из пружин зажигательного механизма.

2. Повреждение изоляции неподвижного электрода или зажигательной втулки.

3. При зажигании на свечи плохой контакт свечей.

Д. Двигатель внезапно останавливается.

Кроме общих для машин других систем, могут быть причины:

1. Неправильности внезапного характера в зажигании: разрядились аккумуляторы или батареи; порча магнето; разрыв или подмочка проводов; прекращение искрообразования при зажигании током высокого и низкого напряжения; ослабели зажимы проводников; обнаженный проводник касается металла; неправильное действие прерывателя, распределителя или катушки; сожжена катушка от избытка в напряжении тока.

2. Прекращение в силу каких-нибудь неисправностей поступления газа в клапаны или в цилиндр; бедная смесь.

Е. Стуки, удары и толчки в разных частях двигателя.

Кроме общих для всех двигателей причин, отмеченных выше.

1. Слишком ранняя вспышка, происходящая в период всасывания или сжатия от чрезмерного накаливания воспламенителя (при зажигании на отрыв).

2. Слишком богатая взрывчатая смесь; неправильное или не отвечающее нагрузке дросселирование.

3. Преждевременная вспышка.

4. Поздняя вспышка. Такая вспышка может происходить, например, от неправильной установки или от неисправности в каком-нибудь электрическом приборе. В этом случае горючая смесь не будучи воспламенена в цилиндре, может взрываться в выхлопной трубе или в глушителе от высокой температуры, господствующей там.

5. Несовременные вспышки, вообще говоря, могут происходить еще по следующим причинам: неисправности в какой-либо части распределителя; соединения проводов с корпусом двигателя; заедания подвижного электрода; неправильного соединения проводов и контактов распределителя; неисправности пружин воспламенителя; различных загрязнений; осечек и т. п.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Индицирование.

Общие указания. — Характеристика диаграмм. — Счетчики мощности и регистраторы нагрузки.

Общие указания.

В этой главе мы не будем касаться подробностей теории, аппаратуры, приемов и т. п., касающихся контроля работы двигателей внутреннего сгорания и отсылаем читателя к I тому, где эти вопросы разобраны подробно в связи с индицированием паровых машин.

Отметим лишь некоторые особенности, присущие приборам, в применении их к двигателям внутреннего сгорания.

Прежде всего индикатор, которым хотят пользоваться для съемки диаграмм с двигателя внутреннего сгорания, должен иметь обязательно наружную (холодную) пружину, при каковой конструкции прибора высокие температуры, господствующие в цилиндре двигателя, не оказывают на пружину неблагоприятного влияния и тем самым позволяют сохранять точным масштаб ее, являющийся решающим фактором для вычислений.

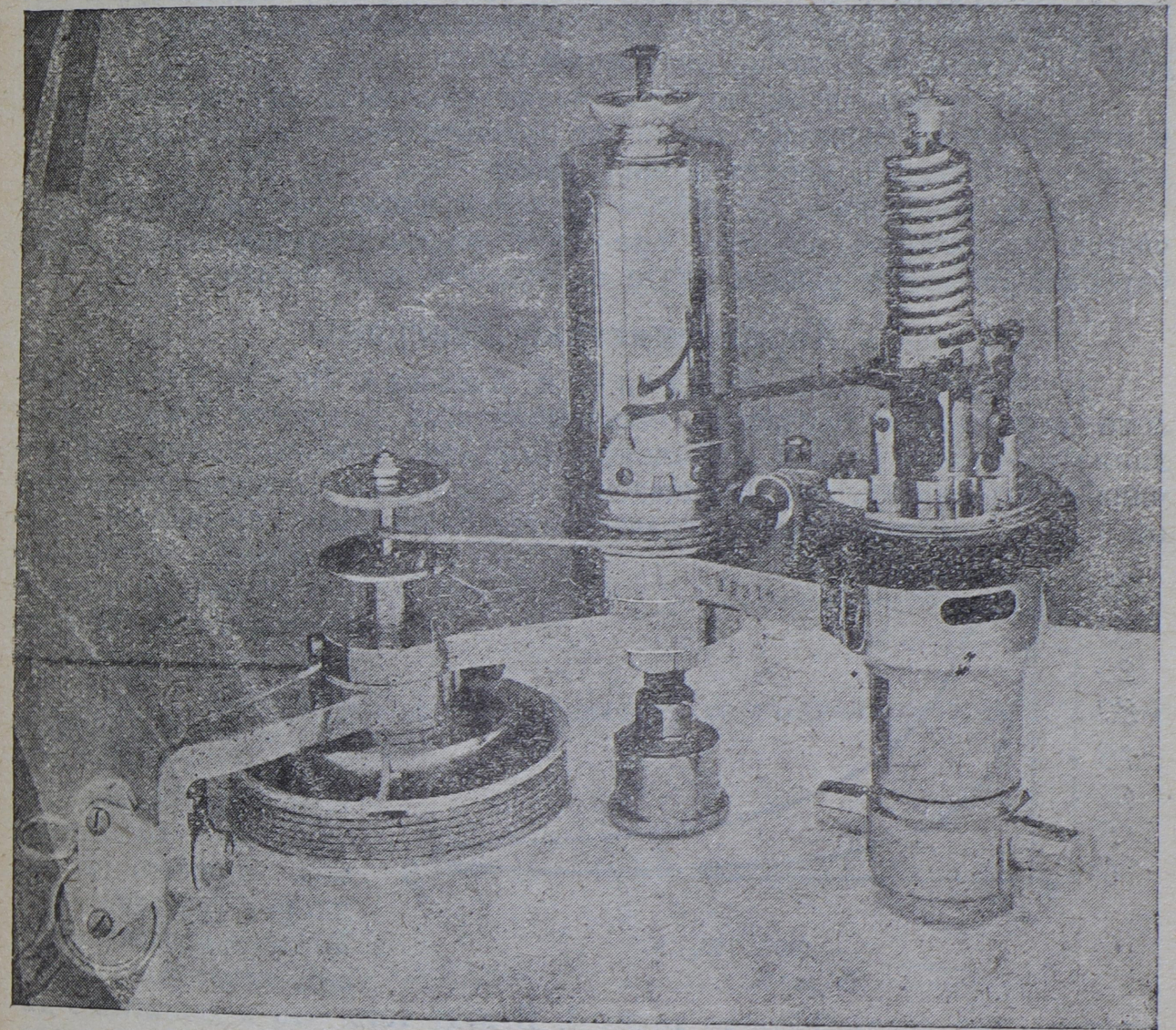
Такой прибор мы видим на фиг. 782, где пружина не подвергается воздействию горячих газов цилиндра, будучи монтирована вне индикаторного цилиндра. Этот же инструмент имеет съемную цилиндрическую втулку, что позволяет применять втулки (и поршни) разных диаметров в соответствии с числом оборотов и максимальным давлением, развиваемыми данным двигателем. Слева прибора к индикаторной раме привинчен роликовый ходоуменьшитель, большой ролик которого приводится в движение от шатуна или крейцкопфа машины, а малый — передает движение индикаторному барабану. Однако, в некоторых, впрочем довольно частых, случаях, приходится применять рычажный ходоуменьшитель.

Конструкция и выполнение прибора, приведенного на фиг. 782, принадлежит германскому заводу Н. Maihak; эти приборы весьма распространены.

Присоединять индикатор к цилиндру двигателя следует по возможности без каких-либо промежуточных соединительных трубок, ухудшающих точность работы.

В противоположность паровым машинам, в которых приходится вести индицирование двумя приборами, установленными на каждую рабочую полость цилиндра, в двигателях внутреннего сгорания применяется один

прибор, за исключением редких случаев машин двойного действия. В практической работе это обстоятельство имеет большое значение потому, что стоимость индикатора и принадлежностей к нему сравнительно велика и часто случается, что приобретение двух приборов встречает затруднение, тогда как покупка только одного вполне доступна.



Фиг. 782.

Пружина выбирается по наибольшему давлению и числу оборотов двигателя.

Когда пружина выбрана и вставлена на место, индикатор присоединяется к цилиндру посредством трехходового крана, имеющего две нарезки: одну для ввинчивания в корпус цилиндра двигателя чтобы получить соединение пространства сжатия с индикаторным каналом; другую — для наворачивания на нее самого индикатора при помощи конической гайки.

После присоединения индикатора к цилиндру, упомянутым трехходовым краном:

1) разобщают канал индикатора от цилиндра двигателя и, подведя к индикаторному барабану остро заточенный карандаш (обыкновенный графитовый или специальный металлический), вычерчивают на бумаге барабана атмосферную линию;

2) поворотом рукоятки крана продувают цилиндр индикатора и

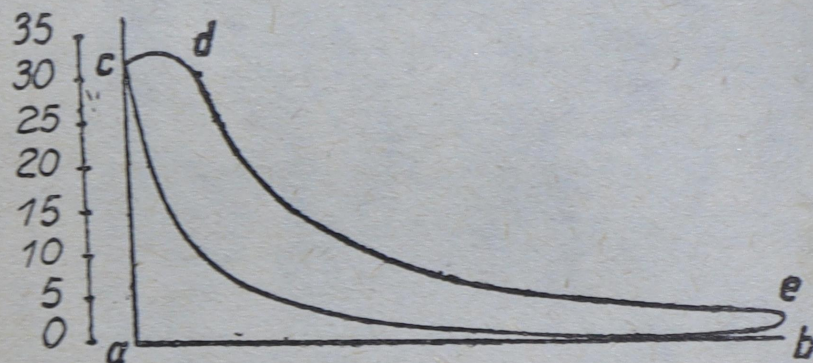
3) вторым поворотом рукоятки соединяют канал индикатора с цилиндром двигателя для снятия диаграммы.

До установки индикатора его поршень слегка смазывается, иначе в индикаторном цилиндре тотчас же обнаружится нежелательное, искажающее диаграмму, дрожание карандаша.

Затем, необходимо не забыть проверить правильность движения всех частей индикатора, обращая при этом особое внимание на то, чтобы барабана во время работы ничто не задевало и не касалось.

Характеристика диаграмм.

1. Диаграммы двигателя Дизеля. На фиг. 783 представлена нормальная диаграмма четырехтактного двигателя Дизеля. Здесь линия $a-b$ есть кривая всасывания. Поршень, окончив первый ход, начинает ход сжатия, при чем давление в цилиндре постепенно поднимается от b до c , каковая кривая характеризует сжатие или компрессию; точка c лежит вертикально над точкой a и соответствует верхней мертвой точке кривошипа двигателя.



Фиг. 783.

С точки c поршень начинает третий ход и идет обратно вниз под влиянием воспламенения горючего в цилиндре (рабочий ход). Топливо продолжает гореть некоторое время, а поршень уже успел дойти до точки d . В виду того, что в двигателях Дизеля давление падает не сразу при этом сгорании, кривая до d не падает, но начиная с этого пункта давление в цилиндре начинает падать и штифт индикаторного барабана вычерчивает кривую расширения газов, отмеченную через $d-e$.

Перед окончанием хода расширения в точке e открывается выпускной клапан, давление сразу падает почти до атмосферного и в этот момент начинается выпуск из цилиндра отработавших газов. Кривая резко спускается вниз от e до b и затем, соответственно выхлопу, идет в виде прямой линии $b-a$.

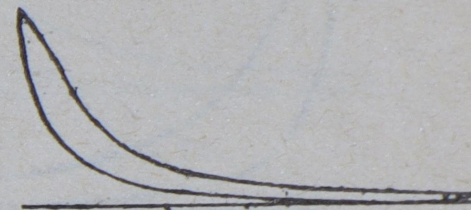
Обыкновенно в диаграммах, снятых с двигателя Дизеля, линии $a-b$, $b-c$ редко показывают заметные отклонения в своем течении по сравне-

нию с их нормальным видом; даже небольшие отклонения в действии впускного и выпускного клапанов мало на этих кривых отражаются. Линии $a-b$ и $b-c$ могут заметно измениться только в том случае, если индикатор не в порядке или величина сжатия нарушается заметным дефектом в машине, например из-за пропуска поршневых колец или пропусков всасывающего и выпускного клапанов.

При каких-либо неправильностях в работе или при изменении нагрузки двигателя изменяются кривые $c-d$ и $d-e$.

На фиг. 784 показана диаграмма холостого хода двигателя Дизеля. На ней мы видим кривую сгорания очень острой, что характеризует правильное сгорание. Давление распыливающего воздуха—38—40 ат.

На фиг. 785 дана диаграмма при $1/4$ нагрузки от полной мощности двигателя. Здесь кривая сгорания менее остра и пло-



Фиг. 784.



Фиг. 785.

щадь диаграммы увеличивается. Давление распыливающего воздуха увеличивается до 40—44 ат.



Фиг. 786.



Фиг. 787.

На фиг. 788 изображена диаграмма при $1/2$ нагрузки от полной мощности двигателя. Кривая поршня заметно приближается к нормальной. Давление воздуха 44—46 ат.

На фиг. 787 представлена диаграмма при $3/4$ нагрузки от полной мощности. Кривая сгорания приближается к нормальной еще заметнее. Давление распыливающего воздуха 48—50 ат.

На фиг. 788 имеем диаграмму при полной нагрузке. Кривая сгорания нормальна, равно как и площадь диаграммы. Давление распыливающего воздуха 52—56 ат.

На фиг. 789 видна диаграмма при большой перегрузке двигателя. Кривая сгорания слишком закруглена, а площадь диаграммы значительно увеличена. Если при этом наблюдать выпуск отработавших газов, то они будут иметь черный или темно-серый оттенок.

На фиг. 790 показана диаграмма пуска в ход двигателя или работа сжатым воздухом. Вертикальная линия, заходящая несколько вправо, характеризует положение кривошипа несколько дальше мертвой точки; от этой линии начинается кривая первого наполнения цилиндра сжатым



Фиг. 789.



Фиг. 790.

воздухом. Дальнейшее расширение, выталкивание и сжатие видны по следующей кривой, характеризующей вторичный период и т. д. По этой диаграмме можно хорошо видеть постепенное падение давления сжатого воздуха в цилиндре благодаря увеличению скорости вращения маховика.

Диаграмма по фиг. 791 показывает пропуск вспышки, при котором в цилиндре не получилось ни вспышки, ни сгорания, благодаря чему введенное топливо испаряется и выходит из глушителя в виде белых клубов дыма. На диаграмме не получается [рабочей] площади, а кривая сжатия сливается с кривой расширения.



Фиг. 791.



Фиг. 792.

Диаграмма по фиг. 792 показывает пропуск вспышки с частичным сгоранием, при котором выхлопные газы имеют беловато-синий оттенок. На диаграмме, вследствие сгорания только небольшой части топлива, кривая расширения идет неправильно, уступами, и лишь немного выше кривой сжатия. Рабочая площадь едва заметна.

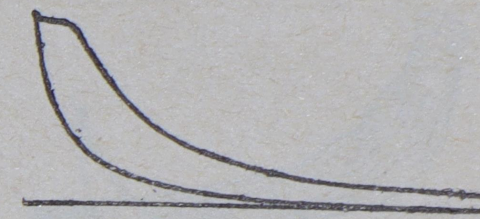
На фиг. 793 видим диаграмму, показывающую запоздалую вспышку, происходящую вследствие чересчур большого зазора между роликом форсуночного рычага и его кулаком. Кривая сгорания начинается слишком поздно, вначале резко падая вниз, а затем несколько выпрямляясь к кривой расширения. Окраска выхлопных газов темная.

На фиг. 794 диаграмма запоздалой вспышки вследствие неправильного положения кулака форсуночного рычага. Здесь кривая сгорания вначале неправильна, так как начинается с запозданием, но затем принимает правильную форму. Для исправления недостатка нужно передвинуть кулак.

На фиг. 795 имеем диаграмму преждевременной вспышки, при чем игла форсунки остается долго поднятой из-за преждевременного ее подъема рычагом. Кривая сгорания здесь начинается уже во время сжатия, идет



Фиг. 793.



Фиг. 794.

вверх и сливается с кривой расширения небольшим закруглением. Подобная диаграмма получается вследствие слишком малого зазора между роликом рычага форсунки и соответствующим кулаком, благодаря чему подъем иглы происходит преждевременно, вспышка происходит во время компрессии и давление растет, значительно превышая нормальные значения.

Приблизительно такой же вид имеет и диаграмма, изображенная на фиг. 796, явившаяся в результате преждевременной вспышки из-за



Фиг. 795.



Фиг. 796.

неправильного положения кулака форсунки, который необходимо передвинуть.

На фиг. 797 дан целый ряд последовательно снятых диаграмм во время внезапной разгрузки двигателя, причем волнистая форма кривой расширения явилась не по причине каких-либо неисправностей в машине, а вследствие слабости индикаторного шнура. На диаграмме хорошо обрисован переход от полной нагрузки до разгрузки двигателя.

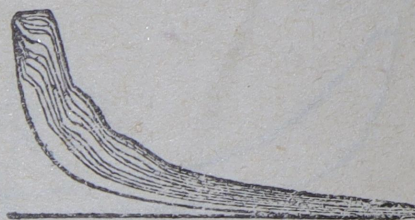
Эта диаграмма снята с двигателя, имеющего приспособление для регулирования сжатого воздуха при распыливании.

Фиг. 798 характеризует диаграмму, снятую при внезапной нагрузке двигателя. Диаграмма снята с того же двигателя и с тем же ослабевшим шнуром.

Диаграмма на фиг. 799 характеризует слишком большой подъем иглы при малой нагрузке двигателя. Воспламенение происходит с запозданием, при чем топливо сгорает толчками. Эти толчки выявляются резко зигзагообразной кривой горения, выдвинутой далеко вперед, и неплавной кривой расширения. Выхлопные газы в большинстве бесцветны;



Фиг. 797.



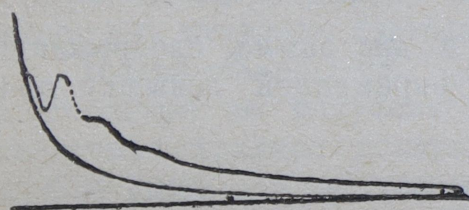
Фиг. 798.

иногда получаются пропуски вспышки, когда происходит впрыск топлива без последующего сгорания, окраска выхлопных газов имеет серый или серо-синий оттенок.

Высокий подъем иглы форсунки вызывает в данном случае избыток pulverизующего воздуха, вредный при малой нагрузке двигателя.

На фиг. 800 дана диаграмма той же примерно формы, что и фиг. 799. Здесь характерно слишком высокое да-

Фиг. 799.



Фиг. 800.



Фиг. 801.

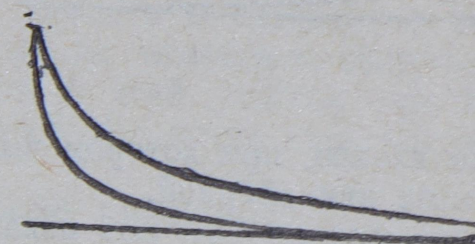
вление pulverизующего воздуха при большой нагрузке, что выясняется из заметно большей рабочей площади. Причины ненормальности те же, что и выше.

Диаграмма, показанная на фиг. 801, характеризует недостаточно высокое давление распыливающего воздуха, вследствие чего топливо сгорает слишком медленно, иногда толчками, и продукты сгорания выходят через открытый выпускной клапан, причем последний находится в особо тяжелых условиях и покрывается отбросами. Кривая сгорания сливается с кривой сжатия, а кривая расширения получает совершенно неправильное очертание по причине догорания топлива. Отработавшие газы имеют темный цвет.

Диаграмма по фиг. 802 характерна при весьма низком давлении pulverизующего воздуха для распылителя, благодаря чему топливо поступает в цилиндр в не распыленном виде, где оно попадает на раскаленное днище поршня. Появляется сильная преждевременная вспышка, имеющая место уже в период сжатия. Топливо, попав в цилиндр и не сгорев там, а только испарившись, при следующем ходе загорается во время сжатия взрывами, при чем загорание может передаваться в этом случае и на топливо в форсунке, которая в этот момент бывает еще



Фиг. 802.



Фиг. 803.

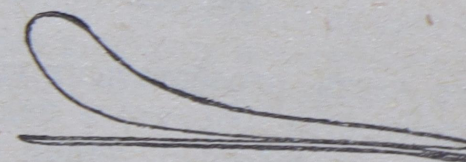
открыта, в результате чего происходит загрязнение иглы, распыливающих плиток и сопла.

При таком положении необходимо немедленно увеличить давление распыливающего воздуха, если же этого почему-нибудь нельзя сделать, то следует остановить двигатель.

Диаграммой, изображенной на фиг. 803, выясняется положение при загрязнении распыливающих плиток, вследствие чего происходит неравномерное и неполное распыливание топлива, вызывающее явление догора-



Фиг. 804.



Фиг. 805.

ния заряда. Кривая сгорания сливается с кривой расширения, образуя острый угол в вершине диаграммы; кроме того, кривая расширения спускается слишком вогнуто, а площадь диаграммы уменьшена. Окраска исходящих из глушителя газов имеет темный оттенок.

Сравнительно с приведенной диаграммой очень схожа и диаграмма по фиг. 804, которая показывает засорение распыливающего сопла. Засорение сопла может происходить при пользовании плохо очищенным или совсем не фильтрованным топливом; это же явление может быть следствием загрязнения из цилиндра при неправильностях сгорания (см. выше).

При загрязнении сопла распыливающий воздух имеет затрудненный проход, в результате чего происходит неполное сгорание со всеми последствиями, вытекающими отсюда.

На фиг. 805 диаграмма показывает загрязнение приемной для чистого воздуха трубы, благодаря чему конечное давление при сжатии уменьшается, вследствие же недостаточного притока всасываемого воздуха—



Фиг. 806.

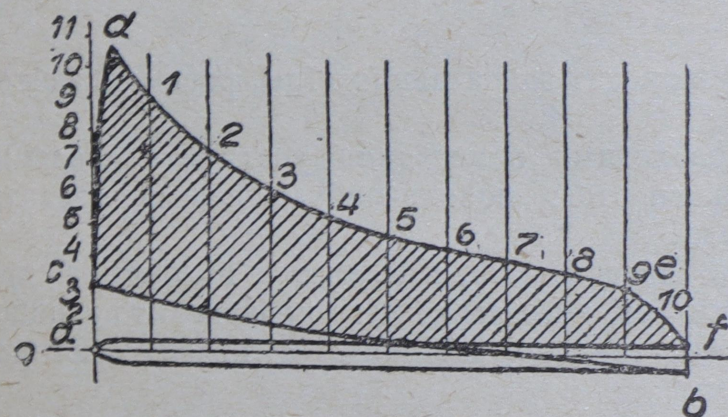


Фиг. 807.

сгорание плохое, при котором выхлоп дымит. Кривая всасывания проходит ниже атмосферной.

Диаграмма по фиг. 806 показывает, что выхлопный клапан неплотен и при сжатии слишком низкое давление. Кривая сгорания зигзагообразна. Выхлопные газы серого цвета, если даже двигатель идет без перегрузки.

Диаграмма по фиг. 807 характеризует уменьшение сечения выхлопной трубы, благодаря чему газы застаиваются в выпускной трубе, отчего получается вредное противодавление. Это же обстоятельство не позволяет клапану своевременно закрыться, вследствие чего часть отработавших газов при открытии всасывающего клапана засасывается обратно в цилиндр. Давление при выходе газов немного выше атмосферной линии и при открытии всасывающего клапана в высшей мертвой точке сразу падает. Падение кривой сгорания—



Фиг. 808.

сильное.

2) Диаграммы двигателей быстрого сгорания. Теперь перейдем к рассмотрению диаграмм двигателей быстрого сгорания.

Нормальная диаграмма четырехтактного двигателя имеет вид, указанный на фиг. 808, где кривая $a-b$ обозначает фазу, когда смесь всасывается в цилиндр; в цилиндре имеется тогда разрежение при открытом впускном клапане, равное $1/10$ до $1/20$ ат. При втором ходе $b-c$, всосанная смесь сжимается и упругость смеси увеличивается. В сжатой смеси зажигается, давление или упругость газов возрастает до $c-d$ и начинается третий такт (работа расширения) $d-e-f$, при котором упру-

гость постоянно падает и в точке e , по открытии выпускного клапана, возрастает быстрее, и, наконец, при четвертом такте $f-a$ имеет место выпуск отработавших газов.

По полученной таким образом диаграмме можно определить индикаторную работу машины, поступая так же, как это было указано в т. I в отношении паровых машин. В данном случае для F — площади диаграммы в кв. мм, принимают во внимание только заштрихованную площадь, так как нижняя часть диаграммы представляет собою, так сказать, отрицательную работу машины, так как она представляет собою работу, расходуемую машиной на всасывание смеси и выталкивание ее из цилиндра, и эту работу правильнее было бы отнести к сопротивлениям машины, и тогда ее следовало бы отнять от всей работы, производимой двигателем; тогда в конечном результате будем иметь только оставшуюся работу, производимую горючим.

Среднее давление p_i можно определить по формуле

$$p_i = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_{10}}{10_m},$$

где m — масштаб диаграммы (пружины), как было указано в т. I.

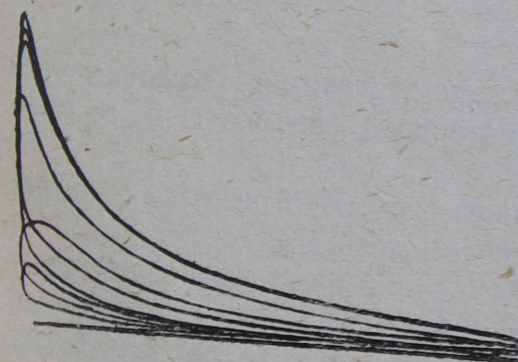
Можно p_i определить и по правилу Симпсона; тогда, если

$$\begin{aligned} y_0 + y_{10} &= H_1 \\ y_1 + y_3 + y_5 + y_7 &= H_2 \\ y_2 + y_4 + y_6 + y_8 &= H_3, \end{aligned}$$

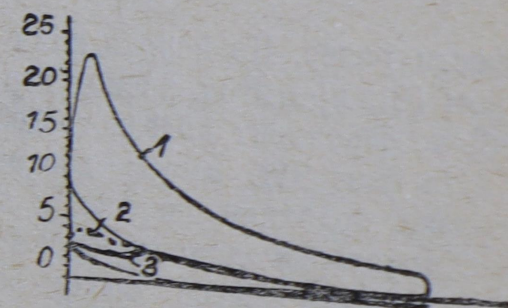
то

$$p_m = \frac{H_1 + 4H_2 + 2H_3}{30_m}.$$

Кроме того, по диаграмме можно также проследить за правильностью работы двигателя и выяснить некоторые недочеты в ее работе, недочеты непосредственно, в большинстве случаев, ясно не выраженные.



Фиг. 809.



Фиг. 810.

На диаграммах фиг. 809, представляющих собою диаграммы 200-сильного четырехтактного двигателя быстрого сгорания, ясно можно усмотреть, что только при полной нагрузке двигателя период сжигания

смеси совершается правильно почти мгновенно, так как газы, достигнув своего высшего положения, почти резко спускаются на расширение; диаграммы же этого двигателя при $1/3$ наполнения и при холостом ходе показывают, что воспламенение смеси захватывает часть такта расширения, на что указывают закругления при переходе кривой сжатия в кривую расширения.

На фиг. 810 имеем диаграммы двигателя (Кертинга) при полной нагрузке (1) и при холостом (3). Момент воспламенения смеси один и тот же для обеих диаграмм и очертания перехода кривой сжатия в кривую расширения ясно указывают, что воспламенения смеси следовало бы про-



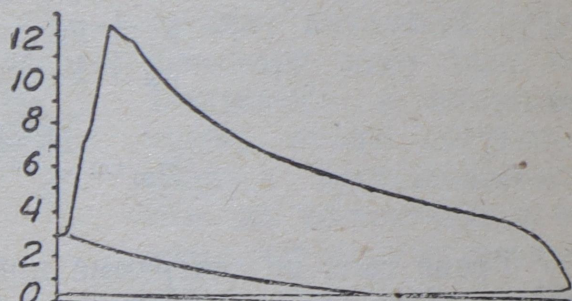
Фиг. 811.



Фиг. 812.

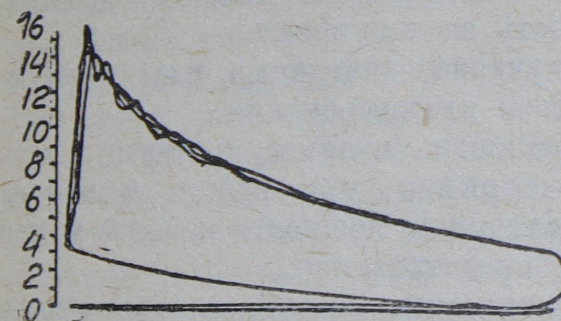


Фиг. 813.



Значение давления сжатой смеси ясно выясняется из следующих двух диаграмм бензинового двигателя; в первой (фиг. 815) смесь мало сжата, во второй (фиг. 812) больше.

Разница между диаграммой двухтактного двигателя и изображенной на фиг. 808 будет та, что в машине двухтактного действия перемена направления хода поршня начинается раньше, а давление достигает до атмосферного как раз в то время, когда впускное окно открыто. Сжатие здесь не начинается тотчас же при начале возвращения поршня, но



Фиг. 814.



Фиг. 815.

только тогда, когда выпускной клапан совершенно закрыт. В остальном диаграмма ничем не отличается от предыдущей.

Машина двухтактного действия обладает двойным числом причин, побуждающих поршень к передвижениям, сравнительно с машинами четырехтактными, но зато и величина этих побуждающих усилий будет меньше. Сила машин двухтактного действия будет приблизительно вдвое больше первой.

Счетчики мощности и регистраторы нагрузки.

Если мы с какой-нибудь машины снимем ряд диаграмм, то каждая из них в большинстве случаев покажет различную величину площади и, следовательно, по вычислении мы получим различные значения для индикаторной ее мощности. Для уяснения в данном случае степени нагрузки машины принимают, как мы уже знаем, среднюю индикаторную мощность, которую мы будем иметь, если полученные величины мощности каждой отдельной диаграммы суммируем и затем разделим полученную сумму на число диаграмм.

В обычных случаях стремятся к тому, чтобы нагрузка машины в сравнительно коротком промежутке времени была бы равномерна и в это время снимают комплект диаграмм каждые 5—10 минут, довольствуясь полученными данными для выяснения средней индикаторной мощности.

Если мощность машины колеблется в узких пределах, то можно довольно точно определить, в каких пределах должна быть выбрана средняя индикаторная мощность. Для уточнения результата прибегают к съемке так называемых пучковых диаграмм, для чего поступают

известно ранее. По исправлении получилась диаграмма, указанная пунктиром (2); при этом расход горючего материала дает больший термический коэффициент полезного действия.

На фиг. 811 имеем диаграмму двигателя (Кертинга) при полной нагрузке, половине нагрузке и при холостом ходе его.

Характерна диаграмма на фиг. 812, где кривая расширения после воспламенения смеси сразу начинает понижаться, затем, когда имеющаяся в пространстве сжатия смесь, с сравнительно малою упругостью, загорается, упругость газов опять возрастает и некоторую часть хода поршня идет почти горизонтально.

На фиг. 813 имеем нормальную диаграмму бензинового двигателя.

На фиг. 814 тоже бензинового двигателя; сжатие дведено до 3,5 ат и давление при взрыве достигает 14,5 ат.

следующим образом. В промежутках времени 5—10 минут снимают индикатором партию диаграмм, но при этом не довольствуются тем, что карандаш прибора обведет на одном листе бумаги только одну диаграмму, но на том же листке проводят диаграммы столь долго, пока ясно обозначатся при наблюдении за действием регулятора заметные изменения в нагрузке.

Точным и осторожным планиметрированием наименьшей и наибольшей диаграммы можно установить наименьшую и наибольшую мощность машины в данном промежутке времени и тем самым выяснить действительную среднюю индикаторную мощность за это время.

На фиг. 816 показана примерная пучковая диаграмма, иллюстрирующая только что сказанное об этом способе индицирования.

Но если между колебаниями мощности машины протекает очень много времени, как это имеет место, например, при работе машин на кирпичных заводах, то о средней индикаторной мощности машины можно составить себе только приблизительное представление.

К каким практическим несообразностям иногда приводит желание точного определения средней мощности двигателя, пользуясь для этого обыкновенным индикатором и планиметром, показывает следующий пример.

Пусть имеется паровая машина тройного расширения при числе оборотов 180 в минуту. Желательно как можно точнее определить среднюю индикаторную мощность.

Опыт будет производиться в течение шести часов, при чем в минуту с каждой полости цилиндра нужно снять 180 диаграмм, а в час 60×180 и в продолжение шести часов $60 \times 180 \times 6 = 64\,800$ диаграмм; с трех же цилиндров $6 \times 64\,800 = 388\,800$ диаграмм.

Но привычный опытный экспериментатор сможет комплект диаграмм снять в 5 минут; при более интенсивной работе его внимание притупится и он с этой задачей при всем желании не справится.

Для подсчета каждой диаграммы требуется не менее 6 минут, так что для подсчета потребуется при 8-часовом рабочем дне — 4 860 дней.

Совершенно ясно, что это вещь невозможная и ненужная и при особенно точных исследованиях мощности двигателя обыкновенным индикатором и планиметром просто немыслимо управиться.

Таким образом, мы видим, что индикаторная диаграмма позволяет установить величину отдаваемой или поглощаемой работы в момент индицирования. Принимая, что полученная диаграмма представляет среднюю из диаграмм, вычисленная по ней работа с известным приближением может быть принята за среднюю величину в определенный период испытания машины. Мы также видели, что в некоторых случаях установить среднюю диаграмму просто невозможно, чему препятствует иногда целый ряд условий, например, сильно и нерегулярно изменяющаяся нагрузка машины. Затрудняющая съемку правильных диаграмм, необходимость в некоторых случаях получения большого числа диаграмм, в значительной степени увеличивающая работу их планиметрирования и т. д.



Фиг. 816.

Исходя из отмеченных неудобств, различные заводы прилагали большие усилия за последние годы в направлении постройки таких инструментов, которые позволяли бы или учитывать работу, отдаваемую или поглощаемую машиной с возвратно движущимся поршнем за любой промежуток времени, при чем подсчет результата суммирующих показаний производился бы по возможности упрощенным порядком, без планиметрирования или более или менее сложных последующих вычислений.

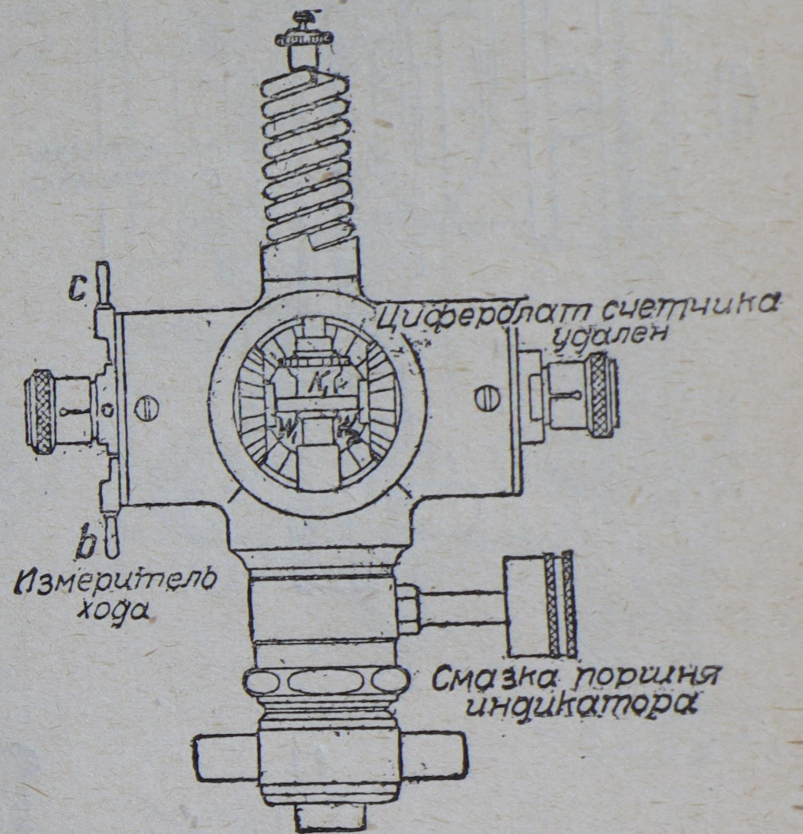
Нужно сказать, что эти попытки оказались удачными, и несколько лет назад заводы выпустили на рынок ряд усовершенствованных моделей измерительных приборов, с успехом находящих себе применение при испытаниях всех поршневых машин, в том числе и быстроходных дизелей. К сожалению, эти приборы все еще продолжают оставаться довольно дорогими и изготовляются только за границей (главным образом в Германии), что не является благоприятной предпосылкой для их широкого у нас распространения, отчасти из-за условий валютной конъюнктуры.

Остановимся на некоторых из них.

На фиг. 817—819 изображен счетчик мощности германского завода Lemann & Michels (модель 1929 г.). Производство измеряемых величин, пропорциональных силе и пути, необходимое для определения мощности

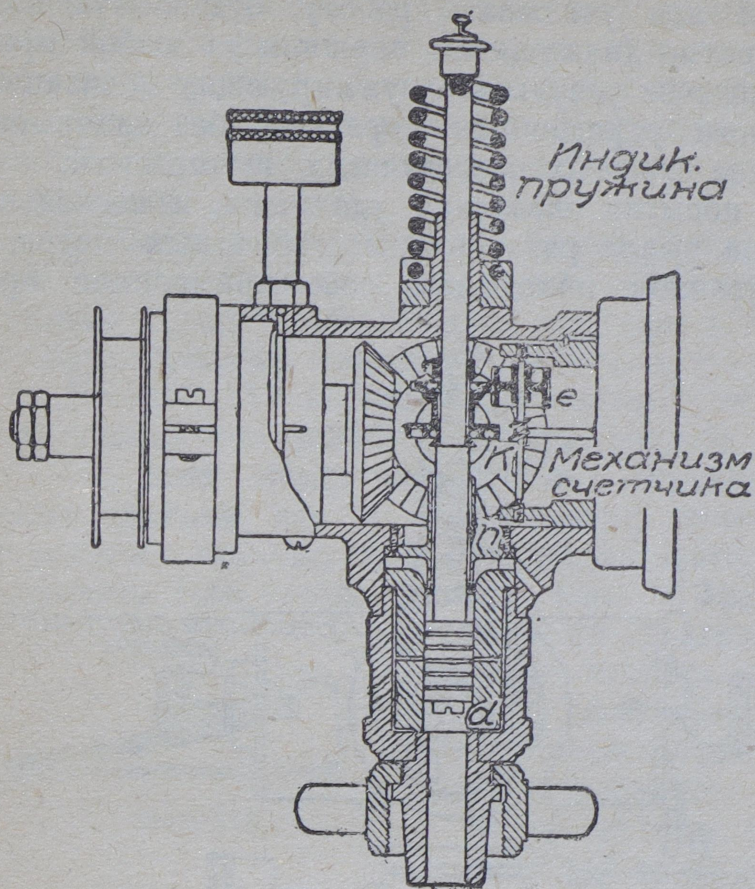
(работы), достигается в этом приборе комбинированной работой двух дисков, получающих вращение от конических передач. Через W_1 и W_2 отмечены два одинаковых диска пути, передаточное число равно единице.

Эта коническая передача совершает лишь колебательное движение такого же характера, как это имеет место при обыкновенном индикаторном барабане. Особым устройством диски-пути передают свое вращение диску, отмеченному на фиг. 818 и 819 через k , при чем свое второе движение последний получает от поршня индикатора, составной части прибора в целом. В силу этого перемещения диск сил получает различные положения относительно центра диска пути, величина же этих перемещений пропорциональна давлению, действующему на поршень индикатора.



Фиг. 817.

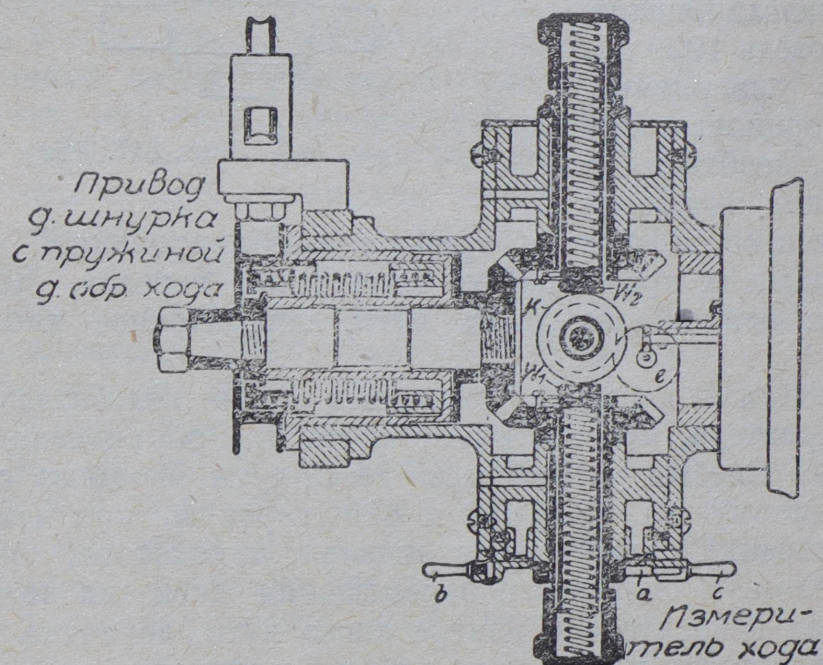
Вращательное движение механизма счетчика достигается посредством передачи в виде небольшого зубчатого колеса, соединенного вглухую с диском сил и сцепляющегося с цилиндрическим колесом *е*, представляющим собой уже деталь счетного механизма.



Фиг. 816.

Устройство индикатора, т.-е. цилиндра, поршня, штока и других частей в описываемом приборе ничем не отличается от соответствующих частей обычного индикатора, так что давление газа или пара передается на поршень индикатора и через шток, воспринимается индикаторной пружиной, но масштаб этой последней необходимо относить к истинному пути поршня, уменьшая его обычно в шесть раз.

Счетчик мощности имеет приспособление для измерений величины, пропорциональной ходу поршня, состоящее из двух небольших

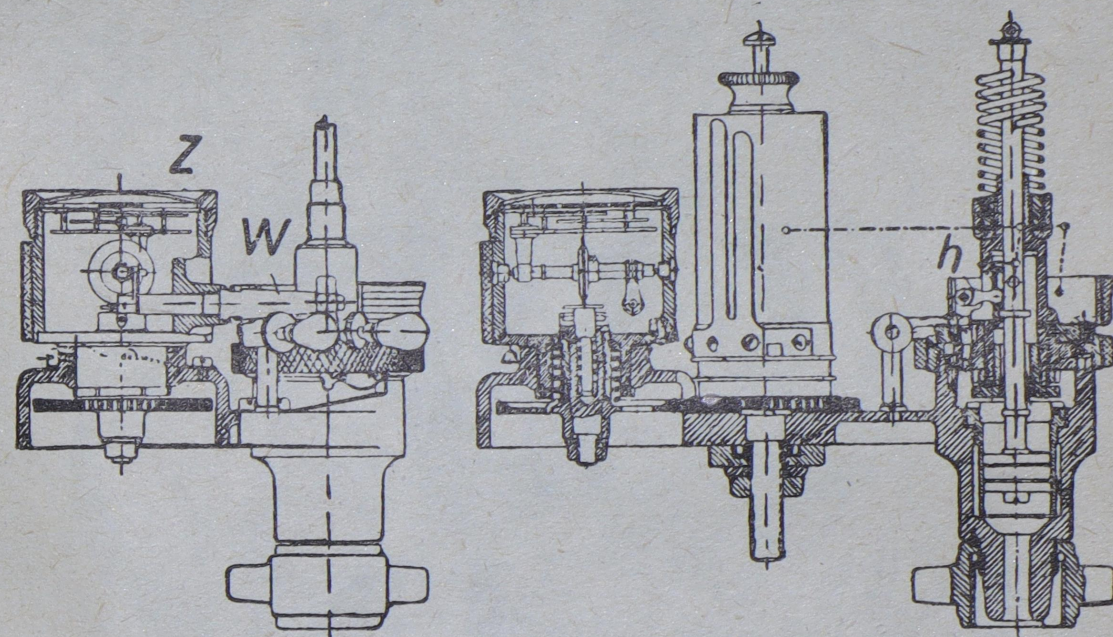


Фиг. 819.

рукояток *б* и *с* (фиг. 819); на втулке, охватывающей ось диска пути укреплен поводок *а*, раздвигающий при своем колебательном движении рукоятки *б* и *с* на тот или иной угол, в зависимости от размаха хода уменьшителя.

Смазка поршня индикатора производится особой штауфферовской масленкой (фиг. 817); вообще прибор требует тщательного подвода смазки ко всем движущимся частям инструмента в целом.

Применение счетчиков мощности имеет большое практическое значение для контроля работы машин и в особенности на двигателях Дизеля и, главным образом, тогда, если мощность расходуется в производстве неравномерно и не служит для приведения в движение электрических машин с равномерной постоянной нагрузкой.



Фиг. 820.

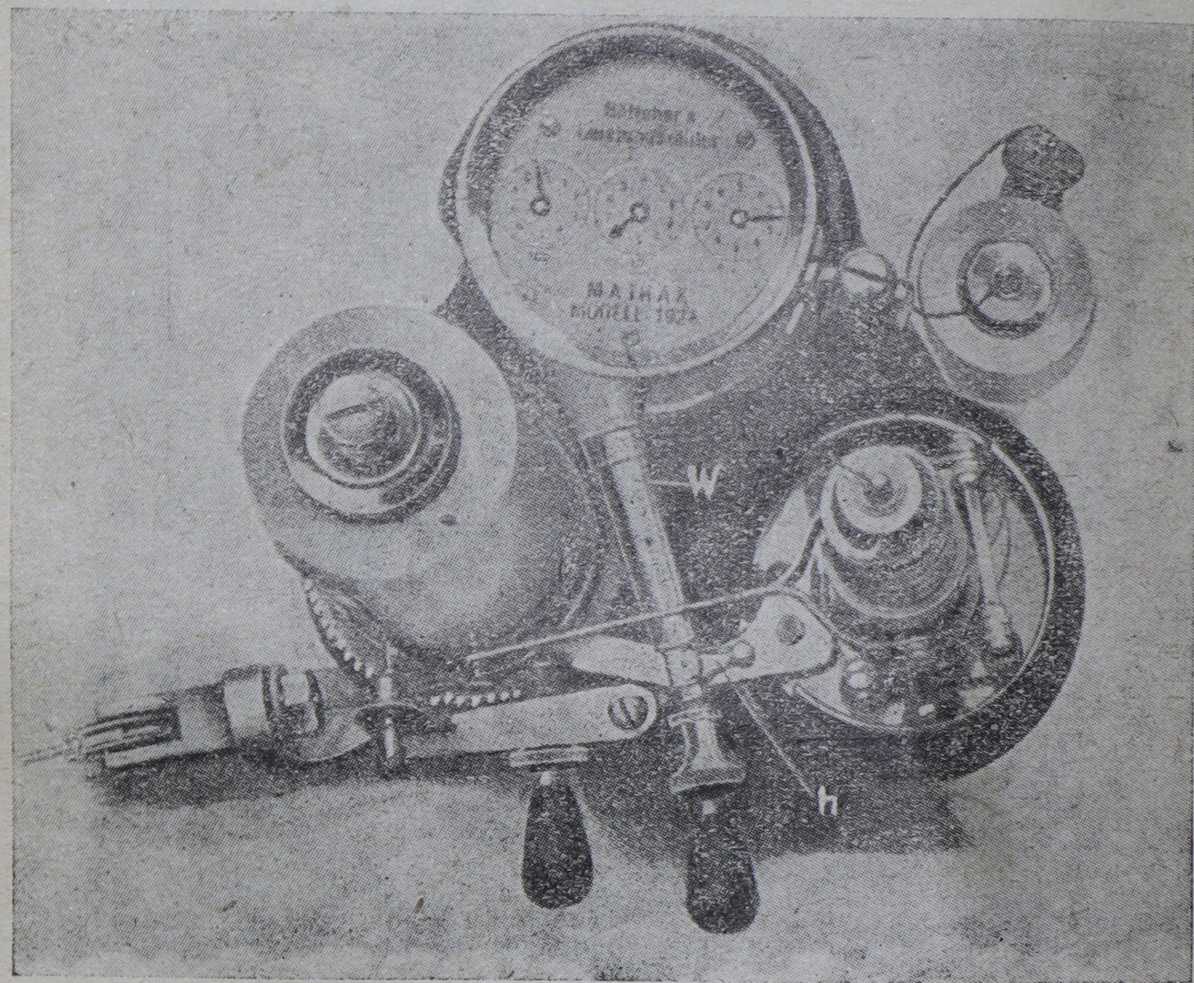
На фиг. 820 представлена в разрезе, (а на фиг. 821 — общий вид) конструкция счетчика мощности завода Н. Maihak (в Германии). Модель 1927 года.

Назначение прибора одно и то же, что и приведенные выше, но конструктивное выполнение иное. Здесь применена система индикаторного барабана и диск сил скользит в радиальном направлении; диск пути заменен барабаном, что значительно упрощает конструкцию. Индикатор, будучи разобщен от добавочной части в виде счетчика мощности, может быть использован как обычный индикатор.

Таким образом, мы видим, что счетчик мощности представляет собой прибор, который автоматически вычисляет среднюю площадь диаграмм, снятых за известный период работы машины, т.-е. устанавливает среднюю индикаторную мощность, производя самостоятельно нужные расчеты. Приходится только прибегать к простому перемножению показ

ний счетчика с постоянным числом, раз навсегда установленным для данного прибора.

Счетчик учитывает каждый ход машины, считает, следовательно, каждую индикаторную диаграмму, образующуюся в цилиндре двигателя. Так, например, для случая, указанного выше относительно возможности точного индицирования паровой машины тройного расширения, счетчик мощности дает непосредственный отсчет средней площади из 64 800 снятых диаграмм, при чем и съёмка отдельных диаграмм и планиметриро-



Фиг. 821.

вание их совершенно отпадают. Ясно, что при этом получается выигрыш как в отношении экономии времени для производства всех подсчетов по снятым диаграммам, так и в отношении точности выяснения средней индикаторной мощности.

Приборы могут выдерживать длительную работу и полученные на основании показаний данные позволяют установить весьма ценный контроль над работой машин, в том числе и контроль над расходом горючего материала.

Прежде чем пользоваться прибором на практике, нужно внимательно ознакомиться с данной конструкцией и описаниями приемов работы, прилагаемыми к каждому прибору фирмой, доставившей его.

Здесь мы дадим лишь общие сведения, дающие обобщающие указания и имеющие лишь ориентировочное значение.

Присоединение индикатора к цилиндру машины производится обычным путем. Когда все аппараты, составляющие в целом счетчик мощности, надежно проверены, замечают числа отсчитывающих механизмов (если прибор не имеет приспособления для перевода шкалы на нуль) и время, когда начали опыт, после чего пускают аппараты в действие.

К концу опыта выключают из действия счетчик мощности и хода, составляют разницу показаний и определяют среднюю площадь диаграмм по формуле, указанной в сопровождающем прибор описании. Обычно формула имеет вид

$$f = A \frac{z}{n} \dots \dots \dots (1)$$

где f — средняя площадь всех за период времени опыта снятых диаграмм соответствующих частей цилиндров машины;

A — постоянная (так называемая const) счетчика мощности, выясненная для каждого прибора;

z — разница в счетах шкалы на счетчике мощности;

n_z — соответствующая разница в счетчике числа ходов.

Для четырехтактных двигателей необходимо пользоваться в таком случае формулой, имеющей вид

$$f = 2 \cdot \frac{A_z}{n_z} \dots \dots \dots (2)$$

Пример 1. Постоянная счетчика мощность 9 800. Отсчет по счетчику мощности в начале опыта составляет 054,3 и в конце опыта — 189,6. Отсчет по счетчику числа ходов — в начале опыта 43 863, в конце опыта — 45 383.

Разница счетчика мощности составляет 135,3, а счетчика числа ходов — 1 520 и потому

$$f = 9\,800 \cdot \frac{135,3}{1\,520} = 872 \text{ кв. мм.}$$

Это значит, что средняя площадь диаграмм из 1 520 отсчитанных и снятых равна 872 кв. мм. При этом, конечно, могли быть некоторые диаграммы больше этой величины, а другие — меньше, но средняя площадь из всех снятых диаграмм равна 872 кв. мм.

Пример 2. Пусть имеем произвести испытание паровой вертикальной компаунд-машины, применяя для опыта четыре счетчика мощности.

Машина имеет следующие размеры:
диаметр цилиндра высокого давления — 530 мм без сквозного поршневого штока;

шток поршня—85 мм;
диаметр цилиндра низкого давления—820 мм без сквозного поршне-
вого штока;
шток поршня—85 мм;
ход поршней—500 мм.
Среднее число по счетчику оборотов равно 163,5 в минуту.
Испытание всех цилиндров дало следующие результаты, сведенные
в таблицу.

Время	Цилиндр высокого давления (верх)	Цилиндр высокого давления (низ)	Цилиндр низкого давления (верх)	Цилиндр низкого давления (низ)	Счетное число ходов
11.00	943,0	090,0	863,0	876,0	523 852
11.20	858,0	126,0	768,5	966,0	627 122
Разница	85,0	36,0	95,0	90,0	3 270
Постоянная счетчи- ка мощн.	8 950	17 900	17 900	17 900	—

Из этих данных выясняется:
1. Для цилиндра высокого давления вверху:
$$f = 8\,950 \cdot \frac{85}{3\,270} = 233 \text{ кв. мм,}$$

площадь диаграммы из 3 270 снятых диаграмм.
Основание диаграммы = 41 мм; масштаб пружины = 4 мм, тогда
$$p_b = \frac{233}{41 \cdot 4} = 1,42 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 2\,210 \text{ кв. см,}$$

а по формуле (1) имеем
$$N_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\,210 \cdot 0,5 \cdot 163,5 \cdot 1,42}{30 \cdot 75} = 57 \text{ инд. л.с.}$$

2. Для цилиндра высокого давления снизу:
$$f = 17\,900 \cdot \frac{36}{3\,270} = 198 \text{ кв. мм,}$$

Основание диаграммы = 41 мм; масштаб пружины = 4 мм, тогда
$$p_n = \frac{198}{41 \cdot 4} = 1,2 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 2\,210 - 56,8 = 2\,153,2 \text{ кв. см.}$$

Откуда
$$N_n = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\,153,2 \cdot 0,5 \cdot 163,5 \cdot 1,2}{30 \cdot 75} = 47 \text{ инд. л. с.}$$

Таким образом, мощность, проявляемая в цилиндре высокого давле-
ния, будет равна
$$57 + 47 = 104 \text{ инд. л. с.}$$

3. Для цилиндра низкого давления вверху:
$$f = 17\,900 \cdot \frac{95}{3\,270} = 522 \text{ кв. мм.}$$

Основание диаграммы = 41 мм; масштаб пружины = 30 мм; тогда
$$p_b = \frac{522}{41 \cdot 30} = 0,425 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 5\,280 \text{ кв. см,}$$

откуда
$$N_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{5\,280 \cdot 0,5 \cdot 163,5 \cdot 0,425}{30 \cdot 75} = 40,5 \text{ инд. л. с.}$$

4. Для цилиндра низкого давления снизу:
$$f = 17\,900 \cdot \frac{90}{3\,270} = 495 \text{ кв. мм.}$$

Основание диаграммы = 41 мм; масштаб пружины = 30 мм, тогда
$$p_n = \frac{495}{41 \cdot 30} = 0,402 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 5\,280 - 56,8 = 5\,223,2 \text{ кв. см,}$$

откуда
$$N_n = \frac{1}{2} \cdot \frac{5\,223,2 \cdot 0,5 \cdot 163,5 \cdot 0,402}{30 \cdot 75} = 38 \text{ инд. л. с.}$$

Таким образом, мощность, проявляемая в цилиндре низкого давления
будет равна
$$40,5 + 37 = 78,5 \text{ инд. л. с.}$$

Общая средняя мощность, проявленная всеми полостями обоих цилиндров в течение 20 минут опыта будет

$$N_i = 104 + 78,5 = 182,5 \text{ инд. л. с.}$$

Данные эти получены из $3\,270 \times 4 = 13\,080$ диаграмм. Обыкновенным способом индицирования за это время можно было бы взять максимально двадцать отдельных диаграмм и отсюда мы видим огромные преимущества счетчика мощности перед обыкновенным индикатором при определении индикаторной мощности машины.

Пример 3. Пусть произведено испытание с одноцилиндровым газовым четырехтактным двигателем, при чем испытание производилось в течение одного часа.

Отсчеты дали следующие показания:

За время	Счетчик мощности	Счетчик хода
4,35	641,5	9 345
5,35	483	3 793
<hr/>		
разница	158,5	5 552

Так как счетчик числа ходов приводился в движение от распределительного вала, то число оборотов коренного вала двигателя в час было 11 104 или 185,2 оборота в минуту.

Единичных диаграмм было взято (отметим еще раз, что двигатель четырехтактный) 5 552. Постоянная счетчика мощности—8 950 и средняя площадь снятых 5 552 диаграмм будет

$$f = 2 \frac{8\,950 \cdot 158,5}{11\,104} = 256 \text{ кв. мм.}$$

Основание диаграммы = 46,5 мм; масштаб пружины = 4 мм = 1 ат. Тогда

$$p_i = \frac{256}{46,5 \cdot 4} = 1,35 \text{ кг/см}^2.$$

Размеры машины:
диаметр цилиндра — 300 мм;
ход поршня — 400 мм.

Тогда по формуле

$$N_i = \frac{1}{4} \cdot \frac{F \cdot s \cdot n \cdot p_i}{30 \cdot 75} \dots \dots \dots (3)$$

будем иметь

$$N_i = \frac{1}{4} \cdot \frac{706 \cdot 0,48 \cdot 185,2 \cdot 1,38}{30 \cdot 75} = 10 \text{ инд. л. с.}$$

Таким образом, счетчик мощности за час времени отсчитал 5 552 диаграммы, тогда как за это время при обыкновенных приемах мы с трудом сняли бы и подсчитали только 13 диаграмм.

В отношении газовых двигателей, где диаграммы вследствие различных особенностей в моментах зажигания бывают различны, применение счетчика мощности заслуживает особого внимания.

В тех случаях, когда число оборотов машины почти постоянно (например, в установках с динамомашинной и проч.), можно ограничиться для точных испытаний средней индикаторной мощности двигателей только счетчиками мощности, т.-е. без счетчика хода. В этих случаях, приступая к испытаниям, выясняют среднее число оборотов машины и по окончании испытания определяют вновь число оборотов (n_z) в зависимости от числа минут, во время которых опыт был произведен, пользуясь при этом формулами (1) и (2), приведенными выше.

Пример 4. Вопрос идет об испытании паровой. Постоянная счетчика мощности—9 500.

Разница в отсчете по истечении 20 минут, в течение которых производился опыт, составляла 82,5. Число оборотов машины в минуту—175.

За время производства испытания число оборотов

$$n_z = 175 \cdot 20 = 3\,500.$$

Средняя площадь из всех полученных диаграмм (отсчитано было значит, 3 500 диаграмм).

$$f = 9\,500 \cdot \frac{82,5}{3\,500} = 223 \text{ кв. мм.}$$

Если бы мы подобное испытание произвели над четырехтактным двигателем, делающим то же самое (постоянное) число оборотов, а опыт производили то же в течение 20 минут, то по формуле (2) имели бы

$$f = 2 \cdot 9\,500 \frac{82,5}{3\,500} = 446 \text{ кв. мм.}$$

Имеется возможность по отсчету по счетчику мощности и по времени в минутах, в которое опыт производили, непосредственно определять среднюю индикаторную мощность, не считаясь с числом оборотов, по формуле

$$N_i = C \frac{z}{t}.$$

Но тогда мы должны предварительно подсчитать комбинированное значение C , пользуясь для этого рядом формул для определения индикаторной мощности.

Пример 5. Испытание производится над одноцилиндровой машиной размерами:

Диаметр цилиндра — 200 мм.

Ход поршня — 300 мм.

Постоянная счетчика — 10 000 мм.

Масштаб пружины 8 мм = 1 кг/см².

Основание диаграммы $b = 60$ мм.

Тогда будет:

$$f = A \frac{z}{n_z}$$

$$p_i = \frac{f}{b \cdot m} = A \cdot \frac{z}{n_z \cdot b \cdot m}$$

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot s \cdot n \cdot p_i}{30 \cdot 75},$$

или

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot s \cdot n \cdot A \cdot z}{30 \cdot 75 n_z \cdot b m}$$

или

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot s \cdot A \cdot z}{30 \cdot 75 \cdot t \cdot b m}$$

и тогда

$$N_i = - \cdot \frac{314 \cdot 0,3 \cdot 1000}{30 \cdot 75 \cdot 60 \cdot 8} \cdot \frac{z}{t} = 0,437 \frac{z}{t}$$

где

z — разница в отсчетах по счетчику мощности;

t — время испытания в минутах (не в секундах).

Если, например, за полчаса испытания $z = 380$, то

$$N_i = 0,437 \frac{380}{30} = 5,52 \text{ инд. л. с.,}$$

и, таким образом, число оборотов машины не было принято во внимание.

В случаях, когда необходимо скоро выяснить расход пара в нормально работающих машинах, счетчик мощности в связи с парометром может оказать неоценимые услуги, так как он в очень короткое время дает очень надежные результаты. Парометр так присоединяют к паропроводу, что он только пропускает пар, необходимый для испытуемой машины. Если дать парометру и счетчику мощности одновременно работать часа два, то очень скоро и точно можно определить расход пара на одну индикаторную лошадиную силу.

Пример 6. Пусть имеем машину компаунд с конденсацией. Среднее число оборотов 118,75 в минуту.

Диаметр цилиндра высокого давления 350 мм

Диаметр цилиндра низкого давления 580 мм

Общий ход поршня 650 мм

Поршневой шток несквозной диаметр 65 мм

Сквозной шток
впереди диаметр 65 мм
сзади „ 50 „

Для переднего хода

Постоянные счетчики мощностью 10 100

Постоянные счетчики мощностью 8 800

То же для заднего хода

8 900

8 840

1) Для цилиндра высокого давления спереди = от 11⁰¹ до 11³⁵, разница = 289,5.

Соответствующее число оборотов = 4 037.

Основание диаграммы — 67,5 мм.

Масштаб пружины — 4 мм = 1 ат.

Имеем:

$$f = 10100 \cdot \frac{289,5}{4037} = 722 \text{ мм}^2.$$

$$P_i = \frac{722}{67,5 \cdot 4} = 2,68 \text{ кг/см}^2,$$

$$F = 962 - 33 = 929 \text{ см}^2; \text{ход} = 0,65 \text{ мм.}$$

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{929 \cdot 0,65 \cdot 118,75 \cdot 2,68}{30 \cdot 75} = 42,8 \text{ инд. л. с.}$$

2) Для цилиндра высокого давления сзади = от 11⁰² до 11³⁶, отсчет разницы = 294.

Соответствующее число оборотов = 4 037.

Основные диаграммы — 67 мм.

Масштаб пружины — 4 мм = 1 ат.

Имеем:

$$f = A \frac{z}{n_z} = 8\,900 \cdot \frac{294}{4\,037} = 648 \text{ кв. мм};$$

$$P_i = \frac{f}{v \cdot m} = \frac{648}{67,4} = 2,42 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 962 \text{ кв. см}; s = 0,65; n = 118,37 \text{ в минуту.}$$

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{962 \cdot 0,65 \cdot 118,75 \cdot 2,42}{30 \cdot 75} = 39,8 \text{ инд. л. с.}$$

3) Для цилиндра низкого давления впереди = от 11^{03} до 11^{37} , отсчет разницы = 478,5.

Соответствующее число оборотов = 4 037.

Основные диаграммы — 68,5 мм,

Масштаб пружины — 20 мм = 1 ат.

Имеем:

$$f = 8\,800 \cdot \frac{478,5}{4\,037} = 1\,045 \text{ кв. мм.}$$

$$P_i = \frac{1\,045}{68,5 \cdot 20} = 0,762 \text{ кг/см}^2;$$

$$F = 2\,642 - 33 = 2\,609 \text{ кв./см};$$

$$s = 0,65; n = 118,75 \text{ в минуту.}$$

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\,609 \cdot 0,65 \cdot 118,75 \cdot 0,762}{30 \cdot 75} = 34 \text{ инд. л. с.}$$

4) Для цилиндра низкого давления сзади = от 11^{04} до 11^{38} , разница составляет = 405,5.

Соответствующее число оборотов = 4 037.

Основные диаграммы — 68,5 мм.

Масштаб пружины — 20 мм = 1 ат.

Имеем:

$$f = 8\,800 \cdot \frac{405,5}{4\,037} = 880 \text{ кв. мм.}$$

$$P_i = \frac{880}{68,5 \cdot 20} = 0,65 \text{ кг/см}^2.$$

$$F = 2\,642 - 20 = 2\,622 \text{ см.}$$

$$s = 0,65 \text{ м}; n = 118,75 \text{ в минуту.}$$

$$N_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\,622 \cdot 0,65 \cdot 118,75 \cdot 0,65}{30 \cdot 75} = 29,1 \text{ инд. л. с.}$$

Общая индикаторная мощность машины складывается, таким образом, из следующих величин:

$$N_i = 42,8 + 39,8 + 34 + 29,1 = 145,7 \text{ л. с.}$$

Для получения значения для определения мощности машины имелись $4\,037 \times 4 = 16\,148$ диаграмм.

Парометр за это время показал расход пара в 1 423,7 кг по переводу в час времени; потому расход пара на 1 индикаторную силу в час составляет:

$$\frac{1\,423,7}{145,7} = 9,75 \text{ кг.}$$

Необходимо заметить, что производство всего этого испытания с подсчетом заняло $\frac{1}{2}$ часа времени и, таким образом, работает ли машина с необходимым для нее расходом пара, было решено в самое короткое время.

Обыкновенным путем весь этот подсчет 288 ($4 \times 12 \times 6$) диаграмм, снятых в течение 6 часов и полагая на подсчет каждой 6 минут, — потребовал бы 4 дня.

Каждая машина - двигатель, будь-то паровая машина или двигатель внутреннего сгорания, как уже об этом упоминалось, может развивать нормальную продолжительную мощность и максимальную временную. Первая указывает на ту степень нагрузки машины, при которой она работает наиболее экономно; вторая указывает на предел нагрузки машины, при переходе которого число оборотов машины сильно падает и она может даже остановиться. Если еще паровая машина выдерживает большую и притом продолжительную перегрузку, то способность к этому двигателя внутреннего сгорания очень ограничена, а старые двигатели обычно даже недоразвивают своей номинальной мощности, не говоря уже о возможности перегрузки. Степень нагрузки машины распознается при помощи индикатора, а также счетчиком мощности, как это мы видели выше.

Но наблюдение в течение продолжительного времени за степенью нагрузки машины при помощи этих приборов, не исключая даже счетчика мощности, не при всех обстоятельствах и не для всяких целей просто и удобно. Уже давно изыскивались способы, которые наподобие, например, регистрирующего ваттметра, применяемого на электрических центральных станциях, могли бы показать картину текущего использования мощности машины за довольно продолжительное время в виде непрерывной кривой, по которой можно было бы видеть не только суммарные или средние значения, но и значения отдельных участков на данном отрезке времени.

Этой цели вполне удовлетворяет прибор, могущий быть названным как регистратор нагрузки. Основан этот прибор на том известном явлении, что то или иное положение регулятора машины соответствует проявляемой ею мощности. Когда муфта регулятора занимает свое

самое низкое положение, то это соответствует полной нагрузке машины; когда же муфта регулятора занимает свое высшее положение, то это соответствует работе машины вхолостую. При машинах, не имеющих регулятора (например, в судовых машинах, паровозах) положение кулисы указывает на степень нагрузки машины.

Если, значит, мы каким-либо приспособлением дадим возможность различным положениям регулятора или кулисы быть записанными на медленно вращающемся барабане, снабженном особым образом разграфленной бумагой, то можно будет получить на этой бумаге полное изображение изменений в мощности данной машины.

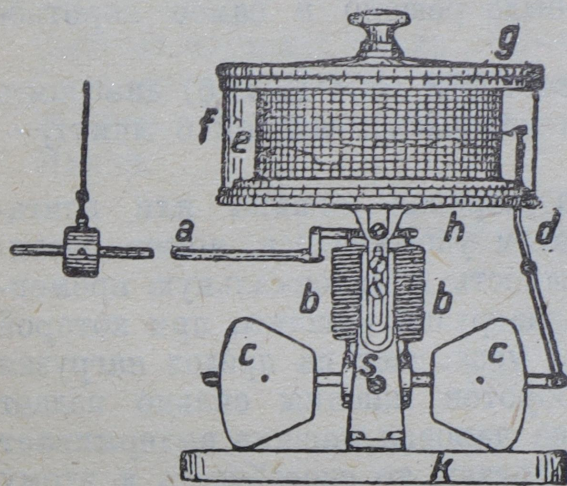
Как бы простой ни казалась эта основная идея, выполнение ее тем не менее связано со значительными трудностями, состоящими главным образом в том, что приходится считаться с колебаниями регуляторной муфты около того или другого ее среднего положения, зависящими от реакции деталей парораспределительных органов, а это неминуемо отражается на пишущем приборе такого аппарата.

Этот дефект удалось устранить применением пружинящегося выбалансированного рычага между пишущим аппаратом и приводной от регулятора штангой.

На фиг. 822 схематически изображена конструкция этого прибора. Здесь *c—c* представляют собой выбалансированный рычаг, который так подвешен, что он всегда колеблется в безразличном равновесии, две пружины *b* соединяют этот рычаг с тягой *a*, которая непосредственно сое-

динена с муфтой регулятора или рычагом, соединенным известным образом с муфтой или кулисой. Пружины так устанавливаются, что они могут воспринять вес выбалансированного рычага, и, таким образом, трение цапфы этого рычага совершенно исключено, и так как вместе с тем сами пружины в части их, соединенной с балансирующим рычагом, могут быть радиально представляемы по отношению к оси этого рычага, то является возможность устранить так называемый механический резонанс, вызываемый между рычагом *a* и выбалансированным рычагом с поддерживающими его пружинами *bb*.

В случае, если в какой-либо машине муфта регулятора не может испытывать какие-либо реакции со стороны деталей от парораспределительных органов, тоже при машинах с кулисным парораспределением, или в случае наличия на машине осевого регулятора, то можно обойтись без балансирующего рычага и без пружин *b*. Эти части в приборе могут быть заменены шарнирным параллелограмом, как это мы видим на фиг. 823, представляющей описываемый прибор в измененной конструкции

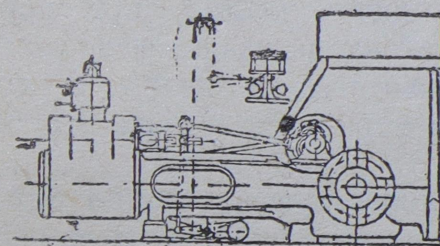


Фиг. 822.

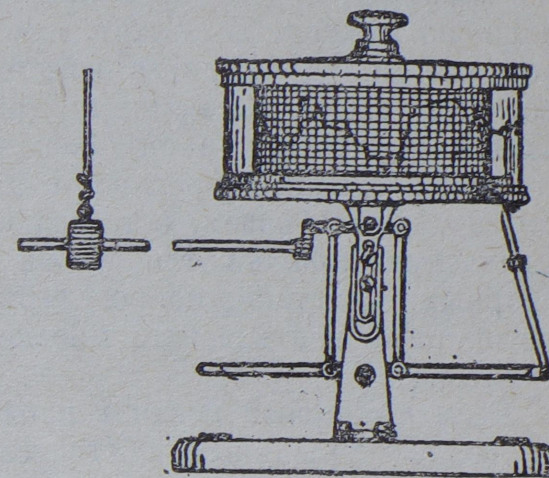
Временные положения балансирующего рычага передаются, как это видно из фиг. 822 и фиг. 823, пишущему прибору, вычерчивающему на барабане, обтянутом бумагой, кривые, дающие возможность воспринять картину изменения мощности за 12 часов работы машины.

Установка регистратора нагрузки производится таким образом. Место для его установки выбирают в возможной близости к машине и притом так, чтобы легко было рычаг регулятора соединить шнуром с тягой *a*. Шнур надлежит выбрать такой длины, чтобы при самом низком положении регулятора (т.-е. когда машина не работает) карандаш пишущей части прибора касался либо верхней линии бумаги на барабане, либо нижней. Передвижной груз на рычаге *a*, который служит главным образом для натяжения шнура, должен быть так установлен, чтобы при высшем положении регулятора карандаш пишущего прибора касался бы тогда нижней линии бумаги (или высшей). Будет ли соответствовать касание карандаша верхней или нижней линии при положении регулятора в самой низкой точке, зависит от того, будет ли рычаг у регулятора одноплечим или двухплечим.

На фиг. 824 и 825 показаны разные случаи установки регистратора нагрузки.



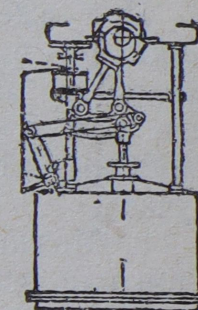
Фиг. 824.



Фиг. 823.

В каких случаях практической работы регистратор нагрузки может оказать услуги.

1. Прибор может указать, насколько правильно используется машина в начале и конце рабочего дня или рабочей смены, т.-е. он может показать, насколько в начале работы или



Фиг. 825.

смены интенсивно пускаются в работу машины-орудия и насколько рано перед концом рабочего дня или смены прекращается интенсивная работа на них.

В этих случаях регистратор нагрузки ясно указывает либо позднее возрастание мощности машины, либо раннее падение ее. Сравнение подобных картин может дать богатый материал управлению заводом или фабрики по общему ходу цеховой работы.

2. Регистратор нагрузки может дать возможность выяснить, насколько используется в общем располагаемая мощность данного двигателя и ка-

кое количество мощности его еще остается в резерве. Для этого на бумаге прибора проводятся линии наивысшего и наинизшего положения муфты регулятора, т. е. линии, соответствующие холостому ходу машины и полной ее нагрузке. Линии, полученные на диаграмме этого прибора, в пределах этих двух крайних черт, дадут возможность заключить, насколько машина загружена и сколько мощности остается еще в резерве. Если карандаш чертит временно по границе верхней линии при машине вполне нагруженной, значит муфта регулятора занимает самое низкое положение и от машины взято все, что от нее можно было взять, и остается выяснить причину такого явления. В большинстве случаев оказывается, что причиной такого обстоятельства является падение давления пара в котлах (хорошо при этом иметь еще регистрирующий манометр) и таким образом, остается выяснить причины этого явления. Если же давление пара в котле тут не при чем, то необходимо проследить за стопорным вентилем, не регулируют ли ход машины от руки, действуя на стопорный вентиль (что многие делают при неисправном действии регулятора).

Если стопорный вентиль вполне открыт, то следует искать причины при сейчас указанных обстоятельствах в побегах пара через парораспределительные органы, или поршень, или конденсационные горшки и т. п.; либо, наконец, мы имеем указание на временную перегрузку машины.

Если недочет этот зависит от котла и проч., то необходимо дефекты эти немедленно исправить; если же имеем дело с временной сильной перегрузкой, то необходимо указать на неэкономичность подобного ведения всего производства и на вредное действие на прочность самого двигателя, сердца производства.

При ежедневном снимании подобных диаграмм и аккуратном собирании их вместе, по сравнению их между собою можно, при внимательном отношении к делу, ясно умотреть на рождающиеся недочеты как в самой машине, так и в производстве в целом и вовремя принять меры для устранения их как в первом, так и во втором случаях.

3. Можно точно определить продолжительность существования недочетов или остановок в работе машины: очень часто в некоторых производствах по разным причинам требуется остановка двигателя (упал ремень главных передач, сильный нагрев подшипников коренного вала и т. п.). Подобные недостатки отмечаются регистратором нагрузки с большою точностью, что является большим пособием для контроля общего хода производства, в особенности при ночных сменах.

4. Бывают случаи, что данное производство временно работает перегруженным, а затем бывают перерывы в работе. Общее количество производительности производства остается то же. Но подобное ведение хозяйства неэкономно и в данном случае при помощи регистратора нагрузки получают точные указания для урегулирования правильного хода производства как в отношении теплового хозяйства, так и в отношении работы завода или фабрики вообще.

5. Большие услуги оказывает регистратор нагрузки при парадных испытаниях двигателей. Его услуги в данном отношении после всего вышесказанного настолько ясны, что дальнейшие рассуждения по этому поводу становятся излишними.

Нельзя не отметить еще одной стороны регистратора нагрузки. Если мы расчертим бумагу на барабане таким образом, чтобы на ней были нанесены, пользуясь счетчиком мощности, силы машины при разных положениях регулятора, начиная с его низшего положения до наивысшего, то мы будем в состоянии для каждой точки кривой, вычерчиваемой карандашом на барабане регистратора нагрузки, тотчас же определить и дробные показания проявляемой машиной мощности в данный период времени. Суммируя ряд таких данных, можно определить очень скоро и надежно среднюю мощность за это время.

На этом мы заканчиваем главу о контрольных инструментах, отсылая за подробностями в отношении конструкций к специальным проспектам фирм, занимающихся их изготовлением.

Паровые турбины.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Принципы работы и классификация паровых турбин.

Историческая справка. — Два принципа действия пара в турбинах. — Работа пара в турбинах. — Ступени в турбине.

Историческая справка.

Большинство машин-орудий, которые приходится приводить в движение машинами с возвратно-движущимися поршнями, требуют вращательного движения, вследствие чего и приходится поступательное взад и вперед движение поршня превращать в круговращательное движение кривошипа. Как известно, это возможно только при помощи шатунов, кривошипов и других промежуточных частей, из которых каждая поглощает некоторую более или менее значительную часть работы, развиваемой машиной-двигателем. Вследствие этого, издавна уже существовало стремление построить такую паровую машину, которая производила бы круговращательное движение непосредственно. Но все паровые машины подобного устройства, называемые коловратными, давали такой малый процент полезной работы (т.-е. расходовали много пара непроизводительно), что применение коловратных машин на практике совсем не распространилось. Почти у всех их оказалось невозможным устроить паронепроницаемое соединение между поршнем и внутренними стенками его вместилища, вследствие чего и нельзя было в достаточной мере, использовать давление пара. Пробовали также строить вращающиеся паровые двигатели на манер турбины (т.-е. в роде отрезка многолопостного винта, заключенного в трубу), но в начале не достигли большого успеха, так как из всей работы, заключающейся в паре, доведенном до известного давления, удавалось получить на валу машины только весьма незначительную часть.

Лучшие результаты были достигнуты только тогда, когда паровым турбинам стали давать такое большое число оборотов, какое обыкновенно не встречается в практической жизни, что в свою очередь потребовало

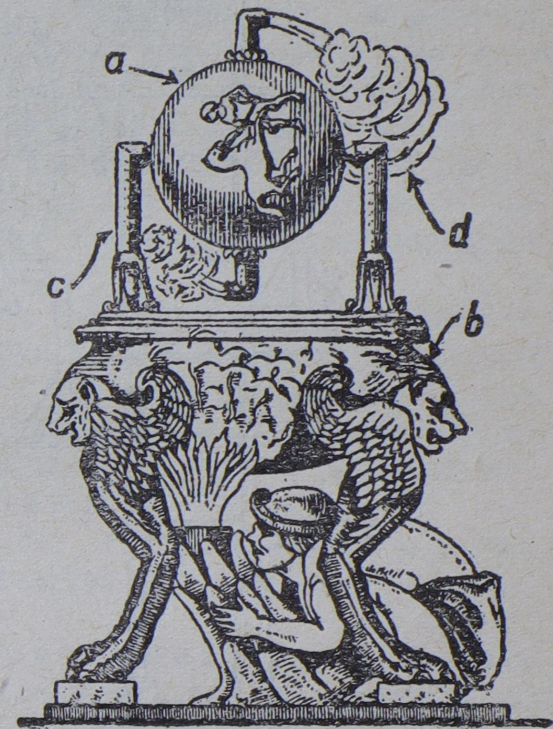
устройства сложной передачи. Построить турбины, потребляющие сравнительно небольшое количество пара, удалось только в последние сорок лет, при чем, турбины больших мощностей были построены в течение последней четверти века.

А между тем, в исторической перспективе паровая турбина была первым типом парового двигателя, ставшего известным человечеству, и последним типом в отношении усовершенствования настолько, чтобы быть вполне пригодным механизмом для практических целей.

Поршневая паровая машина, принимая мерilo времени в историческом разрезе, сравнительно недавнего происхождения; двигатель внутреннего сгорания — творчество наших дней; первое же изобретение паровой турбины, известное по историческим документам, восходит ко временам давно прошедшим, именно: самое раннее упоминание о двигателе, построенном по принципу действия современной паровой турбины, относится ко 2-му веку до нашего летоисчисления. Паровое реактивное колесо описано в книге древнего греческого ученого Герона Александрийского и изобретатель этого колеса с полным правом может быть признан идейным историческим основоположником современной техники.

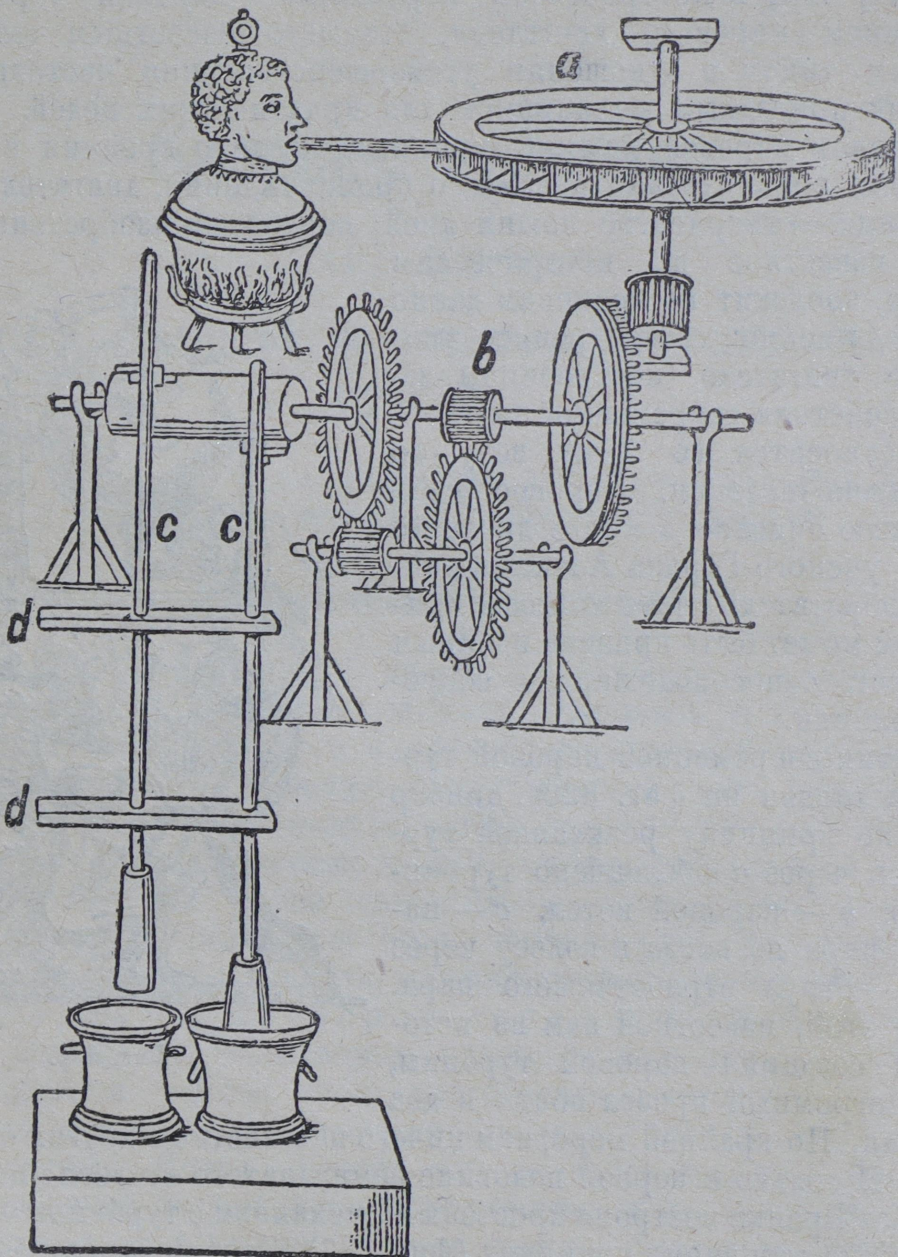
Прототип современной паровой турбины представлен на фиг. 826; прибор выполнен по принципу реактивной турбины. Здесь через *a* обозначено турбинное колесо; *b* — паровой котел; *c* — направление пара из котла к колесу через опору; *d* — струя отработавшего пара.

После этой, известной нам из истории, идеи создания паровой турбины, наступает огромный пробел почти в два тысячелетия. По крайней мере, нам ничего неизвестно о других однородных попытках. И только в первой половине семнадцатого столетия итальянский инженер Дж. Бранка построил простейший механизм с турбинным колесом *a*, работавший по активному принципу (фиг. 827). Этот механизм был предназначен для размолва какого-либо материала, например зерна. Передача движения от колеса к кулачному валу производилась здесь системой зубчатой передачи *b*. Задача насаженных на валу кулачков — поднимать и опускать два вертикальных стержня *c* — *c*, на нижних концах которых были укреплены толкачи (песты); под толкачами, будучи укреплены к полу, находились ступки, в которые насыпалось, например, зерно и раздроблялось там пестами. Прямолинейность направления стержней достигалась двумя планками *d*, сквозь дыры в которых стержни были пропущены.



Фиг. 826.

Наконец, первый патент на паровую турбину был выдан в САСШ в 1831 году, по которому были построены несколько машин, не получивших, однако, распространения вследствие своей примитивности.



Фиг. 827.

Технической приемлемости и коммерческой рентабельности впервые удовлетворила паровая турбина де-Лавала и Парсонса. Эти два конструктора независимо один от другого, и притом идя различными путями, рядом изобретений и опытов, создали в период 1882—1889 годов вполне современный тип машины, и тем самым положили начало промышленному турбостроению.

Два принципа действия пара в турбинах.

Турбины строятся по активному и реактивному принципам. Термины „активный“ и „реактивный“ в турбостроении имеют несколько иное значение, чем это обычно понимается в механике и физике.

Под активной силой, иначе импульсом, понимается такая сила, которая, будучи направлена в предмет, оставляет его с той же самой или меньшей скоростью в противоположном направлении. Например, если сильную струю воды направить на предмет, скажем оконное стекло, то после удара направление силы будет обратное первоначальному, причем, при достаточной мощности струи и слабости сопротивления стекла окно будет разбито. Если направить струю воды или пара при определенной скорости и определенном наклоне впуска на колесо, по окружности которого насажен на него ряд лопаток, то колесо под действием струи, создающей силу, будет двигаться. Не будучи прерываема, струя ударяет последовательно во все лопатки и тем самым создает непрерывное движение колеса, а это последнее можно заставить совершать полезную работу.

Если при этом сообщить предмету, о который струя ударяется, такую форму, при которой движение струи будет обращено на иное, то получится значительно большая активная сила, чем при отсутствии поворота струи. Было найдено, что при определенном профиле поворота, сила давления в два раза больше, чем без такового, что по обычной терминологии было бы названо отталкивающей силой.

По принципу использования активных сил был построен в свое время механизм Бранка (фиг. 827), а в настоящее время по этому принципу строятся турбины де-Лавала и др.

Под реактивной силой, иначе реакцией, понимается сила, которая испытывается предметом при оставлении его струей жидкости или пара со скоростью, превышающей ту скорость, с какой струя поступила на предмет. Примерами подобной силы могут быть, например, явления отдачи ружья или отката орудия при выстреле, отталкивания назад шланга при истечении струи воды и т. п.

Природу реактивных сил легко понять из фиг. 826, где эти силы образуются на концах трубок турбины Герона при выходе пара из них, тем самым создавая вращательное движение колесу. Если отверстия трубок закрыть пробками, то силы уравниваются и никакого действия они не могут производить; когда же трубки открыты, то одни из сил устраняются, а остающиеся получают возможность проявить себя, вращая колесо. Тот же принцип положен в основу и современной реактивной турбины, по которому внутренние силы уравниваются закрытием выхода (пробкой), но если отверстие открыть, т.-е. удалить пробку, то сила, которой она противостояла, устраняется, а сила, действующая на лопатку ротора остается неуравновешенной, благодаря чему она приводит ротор во вращение.

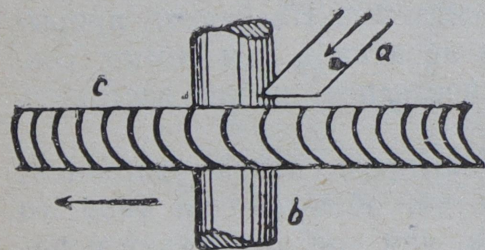
Турбин, использующих только реактивные силы, в современном машиностроении нет. Реактивными турбинами называют такие, которые используют для своего действия реактивный принцип в значительно большей степени, чем активный.

Турбина Герона (фиг. 826) была построена по чисто реактивному принципу.

Работа пара в турбинах.

По вышеизложенному казалось бы, что принцип действия паровой турбины весьма прост, так как, во-первых, в ней не требуется превращать один вид движения в другой, как это мы видим на примерах паровой машины или двигателя внутреннего сгорания, в которых прямолинейное движение поршня посредством шатунно-кривошипного механизма преобразуется во вращательное движение рабочего вала, и, во-вторых,

потому, что пар поступает в рабочий цилиндр турбины по наклонному направлению из неподвижного канала (сопла) *a* на закрепленное на рабочем валу *b* колесо *c*, снабженное на наружном узком ободе лопатками, как это показано на фиг. 828; в дальнейшем пар выводится в атмосферу или сгущается в воду в специальной конденсационной установке, причем, в последнем случае со стороны выпуска турбинного колеса образуется вакуум.



Фиг. 828.

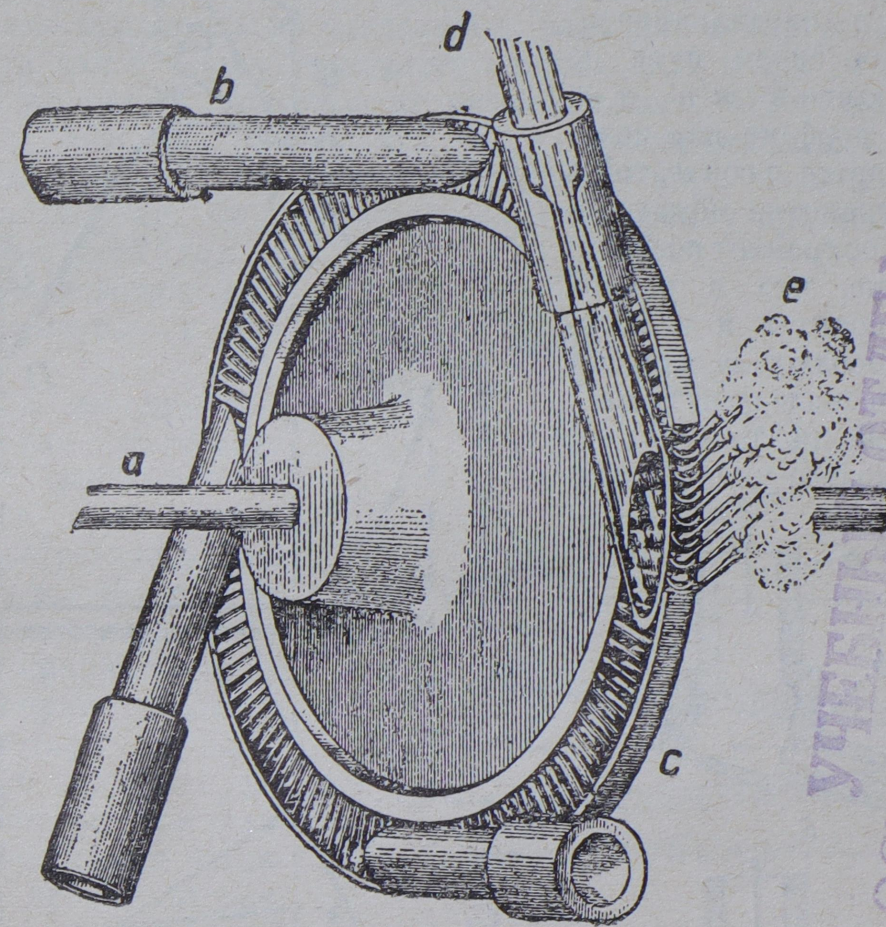
В действительности же дело оказывается много сложнее и конструкция паровых турбин не так проста, так как пар обладает тем неприятным свойством при истечении в свободное пространство, что при этом он развивает громадную скорость. При давлении в 12 ат эта скорость вытекания составляет в общем 1 200 м в секунду, каковая величина совершенно неприемлема для целей практического осуществления конструкции машины. Наивыгоднейшая работа подобного колеса была бы при половинной скорости на окружности, т.е. 600 м в секунду. Однако, и эта скорость неприемлема вследствие встречаемых подобным быстровращающимся колесом сопротивлений, и потому это наивыгоднейшее действие будет иметь место при скорости пара примерно в одну треть, но все же и это чрезмерно большая скорость на окружности.

Тем не менее де-Лаваль и Парсонс решили эту задачу и практически осуществили идею простейшей паровой турбины.

Первоначальная конструкция турбины предназначалась де-Лавалем, главным образом, для приведения им же построенного сепаратора, хорошо всем известного; эта турбина была снабжена несколькими соплами, через которые пар направлялся к небольшим лопаткам. Общий вид турбинного колеса де-Лавалья выясняется из фиг. 829, представляющей торговую марку этой турбины и вместе с тем иллюстрирующую принцип действия машины; здесь через *a* обозначен вал, через *b* — сопла, через *c* — лопатки, через *d* — направление пара, через *e* — выход отработавшего

пара. Для лучшей наглядности на фиг. 830 показаны в разрезе сопловые насадки отдельно: сопло *A* применяется на высокое давление с конденсацией; сопло *B* — на низкое давление с конденсацией или высокое давление без конденсации; через *a* отмечен вход пара; *b* — горло, *c* — устье.

Если действие пара в активной турбине представить графически, то будем иметь такую картину (фиг. 831). Буквами *a* и *b* изображена ось сопла; буквами *lmn* — лопатка рабочего колеса. При выходе пара из

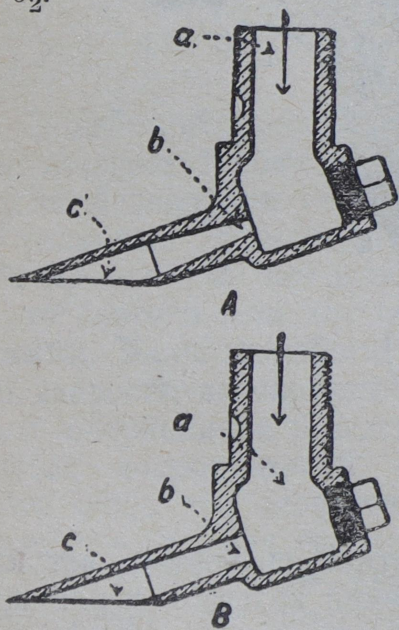


Фиг. 829.

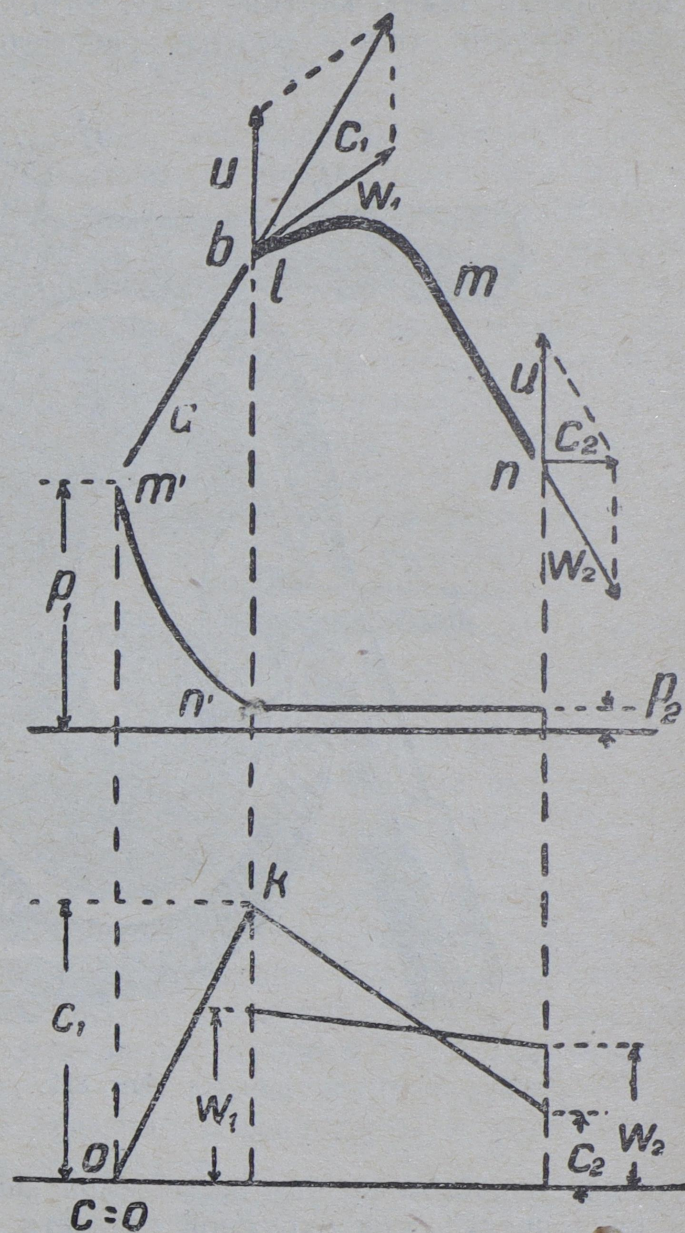
сопла со скоростью c_1 , так называемой „абсолютной скоростью вступления на лопатку“, при окружной скорости вращения колеса u и помощью построения параллелограмма, можно найти относительную скорость w_1 вступления пара на лопатку.

Из соображений плавности, без удара, вступления струи пара на лопатку, начало последней выполняют касательным к относительной скорости вступления на нее, т.е. к вектору w_1 . Пар, вступая на лопатку с относительной скоростью w_1 , вследствие трения теряет часть начальной скорости и покидает лопатку со скоростью w_2 , т.е. несколько меньшей.

Если на скорости w_2 при выходе пара из лопатки построить параллелограм по сторонам w_2 и u , то диагональ его даст абсолютную скорость выхода c_2 . Из приведенного на фиг. 831 построения видно, что последнюю скорость можно подобрать по желанию, в зависимости от угла наклона выходных элементов лопатки. Картину изменения давления пара и скоростей мы также можем видеть из той же фиг. 831. Давление пара в сопле переходит от давления в котле p_1 до давления в холодильнике p_2 , изменяясь на своем пути по некоторой кривой $m'n'$, т.-е. в активной турбине пар целиком расширяется в сопле, тогда как в пространстве между лопатками он сохраняет постоянное давление, что в равной степени относится и к холодильнику. Абсолютная скорость изменяется в сопле от нуля до c_1 , увеличиваясь по прямой ok , в рабочем колесе уменьшается до c_2 .



Фиг. 830.



Фиг. 831.

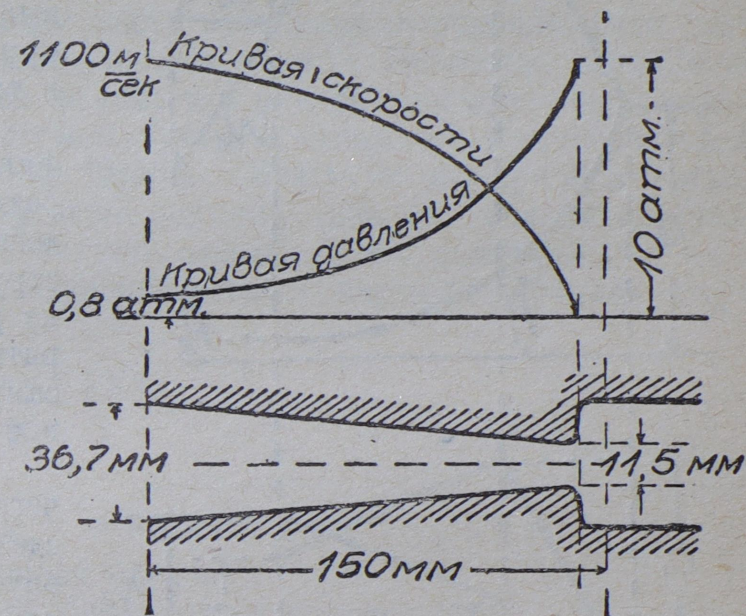
Из теории свойств пара известно, что если при истечении пар расширяется, то вместе с этим увеличивается его скорость, иначе, скорость пара увеличивается при понижении давления. При постоянном давлении и скорость постоянна, если пренебречь потерями на трение. В турбине, в которой давление пара изменяется только что описанным

образом, давление перед рабочим колесом и за ним будет одинаково, что и является принципом активной турбины. Другими словами, в активных турбинах все давление пара теряется за время прохождения его по соплу, сравниваясь в конце с давлением окружающей среды, при чем, пар приобретает наибольшую возможную для него скорость, соответствующую данному падению давления; по отношению к лопаткам скорость пара постоянна (пренебрегая трением). В силу этого обстоятельства, входным и выходным сечениям каналов рабочего колеса придаются одинаковые размеры.

Возникает вопрос, почему входным и выходным паровым отверстиям сопел Лавала придают не одинаковые размеры, а внутренняя поверхность сопла имеет форму усеченного конуса. Дело в том, что пар, вступающий с известной скоростью на рабочее колесо, отдает ему некоторую часть своей энергии, причем эта часть пропорциональна изменению квадрата скорости. Отсюда, для получения от пара возможно большего количества энергии, следует впуск пара в турбину производить с наивысшей возможной для него при данных условиях скоростью, а выпуск — с наинизшей.

Однако, на практике осуществление получения наивысшей скорости истечения пара при данном давлении встретилось с тем препятствием, что при увеличении давления пара более чем, приблизительно, в 1,75 раза против давления среды, в которую истекает пар, уже не повышает его скорости, которая при дальнейшем повышении давления будет оставаться равной ¹⁾. Для рентабельной работы турбины необходимо употреблять пар высокого давления, отмеченное же выше обстоятельство служило препятствием для применения такого пара, почему и возникла необходимость в конструировании формы сопла, с помощью которой можно было бы достигнуть вступления пара на лопатку со скоростью, соответствующей полному отношению давлений в котле и холодильнике и расширению его до давления в последнем. Идея и практическое осуществление подобного сопла принадлежит Лавалю.

¹⁾ Отношение давлений внутри закрытого сосуда и вне его называется критическим, а соответствующая ему скорость критической скоростью.



Фиг. 832.

Фиг. 832 представляет собой в разрезе сопло Лавала для частного случая; здесь же указаны кривые изменения давления и скорости при давлении вступления пара в сопло в 10 ат и давлении выпуска из него в 0,8 ат.

Таким образом, мы выяснили, что, во-первых, назначение паровых сопел состоит в поглощении скорости или соответственно кинетической энергии вытекающего из них пара и дальнейшей передаче ее на рабочее колесо и, во-вторых, в турбинах, построенных по активному принципу, пар действует по направлению своего течения, причем с обеих сторон рабочего колеса существует одинаковое давление (не принимая во внимание потерь от трения пара).

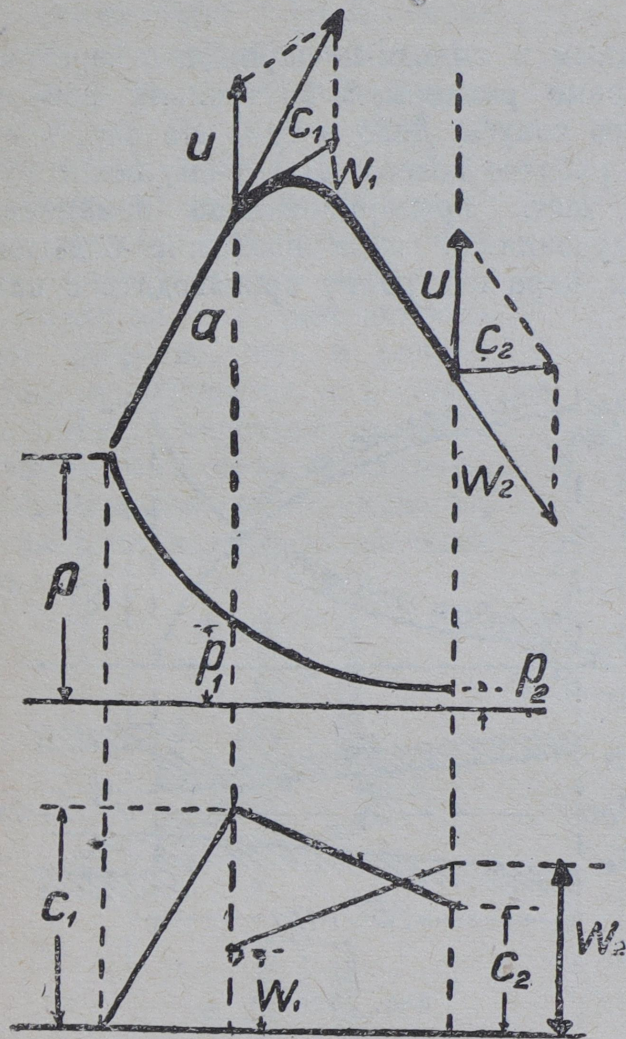
Теперь посмотрим, в чем состоит действие пара в турбине, выполненной по реактивному принципу и какова роль сопла в такой турбине.

На элементарном примере по фиг. 826 хорошо уясняется обратное направленное реактивное действие паровой струи, т.-е. струя пара при каждом выходе из рабочего колеса развивает обратный удар на это колесо, тем самым поддерживая его вращательное движение.

Если паровые каналы рабочего колеса со стороны выпуска сделаны уже, чем со стороны впуска, то в них происходят те же изменения давления и скорости паровой струи, как и в соплах, устроенных таким же образом. В таком случае с задней стороны рабочего колеса получается меньшее давление и большая скорость, чем с передней стороны (стороны впуска).

Графически изображенное действие пара в реактивной турбине состоит в следующем (фиг. 833).

Струя пара из сопла поступает в рабочее колесо с абсолютной скоростью c_1 и покидает его со скоростью c_2 , меньшей, чем c_1 . Давление пара в сопле падает от p_1 до p_1' ; проходя же дальше по рабочей лопатке пар продолжает расширяться от давления p_1' до давления p_2 . Отсюда видно, что в реактивной турбине пар расширяется не только в сопле но и при прохождении по лопатке, вследствие чего относительная ско-



Фиг. 833.

рость пара по лопатке w_1 увеличивается. Вот поэтому то впускные и выпускные отверстия паровых каналов рабочих колес сделаны не одинаковыми по размерам, чем и обуславливается существенная разница в конструкции реактивной турбины от активной.

Требование плавного вступления струи пара на лопатку сохраняется и здесь.

Таким образом, в реактивной турбине в сопле происходит лишь частичное падение давления, тогда как остальная часть падения происходит в лопатках колеса, что и создает разницу в давлениях пара при впуске и выпуске. Вследствие этой разницы в давлениях рабочее колесо подвержено боковому смещению в направлении турбинной оси, что заставляет устраивать в реактивной турбине соответствующее приспособление, препятствующее осевому сдвигу колеса.

Ступени в турбине.

Общим, хотя и не достаточно точным, определением ступени паровой турбины можно назвать часть пути пара в турбине (или одну из некоторого числа вполне определенных частей). Некоторая неточность этого определения заключается в том, что оно не фиксирует амплитуды данной части, составляющей ступень, хотя в заводской и литературной практике и употребляется этот термин. Будем и мы придерживаться общеупотребительных значений этого термина (как он понимается большинством), чтобы нельзя было спутать отдельных его значений.

Главнейшими значениями ступенчатости в паровых турбинах будут нижеследующие.

А. Для активных турбин.

- 1) Ступень скорости.
- 2) Ступень давления.

В. Для реактивных и смешанных турбин:

Ступень давления (реактивная ступень).

Кроме того, реактивные турбины подразделяются на:

- а) Турбины с ординарным протоком пара.
- б) Турбины с разделенным протоком.
- с) Турбины смешанного типа.

Ступенью скорости называется та часть пути пара в турбине, в которой производится работа активной силой пара. Ступень скорости может начинаться с одного ряда сопел и всегда включает в себе только один венец рабочих лопаток.

Ступенью давления то же есть та часть пути пара в турбине, в которой совершается работа активной силой пара. Ступень давления включает в себе одну или несколько ступеней скорости, назначение которых последовательно пропускать пар; первая ступень скорости имеет сопла, остальные же ступени суть все те, которые идут до ближайшей группы сопел. Ступень давления всегда имеет начало с группы сопел, но

на ряду с этим может заключать в себе несколько рядов активно работающих неподвижных направляющих лопаток с соответствующим количеством венцов рабочих лопаток.

Реактивной ступенью иногда называется ступень давления, т.-е. та часть пути пара, где совершается работа реактивной силой пара. Эта ступень состоит из ряда неподвижных сопл и венца рабочих лопаток, принимающих от первых пар, который при проходе через реактивную ступень испытывает уменьшение давления в обеих группах сопл.

Путем подразделения паровой турбины на отдельные ступени давления достигается полная передача рабочей энергии пара на турбинный вал, при чем одновременно же уменьшается скорость пара и число оборотов вала.

Одноступенчатыми турбинами называются такие активные машины, которые состоят только из одной ступени давления с одной только ступенью скорости.

Многоступенчатые турбины со ступенями скорости есть активные машины, состоящие из одной только ступени давления, заключающей в себе две или более ступеней скорости.

Многоступенчатые турбины со ступенями давления представляют собой активные турбины, состоящие из двух или более ступеней давления, из коих каждая содержит только одну ступень скорости. При этом исходят из того основного положения, что скорость вытекающего пара зависит от его давления спереди и сзади впуска. Отсюда вытекает, что паровая турбина с практически приемлемой скоростью вращения может быть выполнена путем последовательного расположения нескольких турбинных колес, в которых давление пара падает и используется постепенно.

В подобной турбине пар в соответствующих соплах начальной ступени расширяется только до известной степени, отдавая лишь часть своей энергии рабочему колесу первой ступени; затем, отработавший пар с теоретической скоростью, равной нулю, вступает в сопло второй ступени, где он снова продолжает расширяться и некоторая часть его давления обращается в скорость, действующую на рабочее колесо этой ступени, пока эта скорость снова не уменьшится до нуля и т. д. Переходя из пространства с более высоким давлением в пространства с более низким, пар постепенно теряет полностью свое начальное давление, а вместе с тем и энергию.

Из сказанного, однако, не следует, что при наличии некоторого числа ступеней скорость пара убывает между ними равномерно, т.-е., исходя, например, из скорости в 1200 м/сек при десяти ступенях, мы будем иметь падение в ступени, равное одной десятой. Кинетическая энергия выражается формулой

$$\frac{mv^2}{2},$$

т.-е. половиной произведения из массы на квадрат скорости. Отсюда в многоступенчатой турбине со ступенями давления сумма квадратов отдельных скоростей должна быть равна квадрату скорости, соответствующей полному падению давления.

Пример. Если при одной только ступени давления скорость составляет принятые нами 1200 м/сек, то при двух ступенях она составит $\frac{1200}{\sqrt{2}} = 850$ м; при трех ступенях — $\frac{1200}{\sqrt{3}} = 690$ м; при четырех ступенях $\frac{1200}{\sqrt{4}} = \frac{1200}{2} = 600$ м и т. д.

Таким образом, приблизительная скорость на окружности турбины при одной ступени давления составит 400 м/сек., при двух ступенях — около 280 м/сек., при трех ступенях около 230 м/сек и т. д.; при десяти ступенях эта скорость составит около 126 м/сек.

Не убывает постепенно и давление пара. Если, например, начальное давление равно 10 ат при десяти ступенях — то давление не уменьшается равномерно по одной атмосфере в ступени, а происходит соответственно диаграмме расширения пара, т.-е. при 90% вакуума давления в десяти камерах будут равны

$$6,4; 4; 2,5; 1,6; 0,65; 0,4; 0,26; 0,16; 0,1 \text{ ат.}$$

При этом в каждой камере будет производиться одинаковая работа пара.

Многоступенчатые турбины смешанного типа, т.-е. турбины со ступенями давления и скорости состоят из двух или более ступеней давления, из коих каждая содержит две ступени скорости или более.

В многоступенчатых турбинах все отдельные ступени должны работать непременно или в виде активного или в виде реактивного принципа; напротив, часть из них может работать с одинаковым давлением (активный принцип), а другая часть — с избыточным (реактивный принцип).

Получаемые отсюда разнообразные конструкции и обозначаются обычно выражением смешанные или комбинированные турбины, т.-е. по существу образующие соединение турбины активного действия с реактивным.

Тремя главными конструктивными типами реактивных турбин являются нижеследующие:

Турбины с ординарным (или простым) протоком пара представляют собой машины, в которых почти весь поступающий пар течет вместе через лопатки в одном и том же направлении, параллельном оси ротора.

Турбины с разделенным (или двойным) протоком пара представляют собой такие, в которых главный поток разделяется на части, направляющиеся в противоположных направлениях параллельно оси ротора.

Турбины с ординарным и разделенным (или с полуразделенным) протоком пара представляют такие, в которых пар проходит через часть лопаток общим потоком, после чего разделяется на две струи, направленные в противоположных направлениях.

Менее важное и полное подразделение паровых турбин вытекает из различных способов подвода пара к рабочим колесам, а именно:

Турбины с осевым протоком пара суть такие, в которых пар протекает по лопаткам колес в плоскостях, приблизительно параллельных турбинному валу. К этому типу принадлежат почти все крупные и многие небольшие турбины.

Турбины с тангенциальным протоком пара такие, в которых направление течения пара из сопел приблизительно касательно к окружности рабочего колеса. Многие малые турбины принадлежат к этому типу.

Турбины с радиальным протоком пара—это такие, в которых подвод пара к лопаткам происходит в плоскостях, перпендикулярных к турбинному валу, причем направление пара может быть к валу или от него к окружности колеса.

Турбины с полным подводом пара или парциальным подводом, в зависимости от того, впускается ли пар на лопатки колеса по всей окружности обода или только по части его.

Совершенно отдельную группу турбин образуют конструкции, работающие паром низкого давления или, кроме работы, отдающие пар для побочных целей, например, для отопления, нагревания и проч.

Эти турбины выполняются двух типов: 1) в виде чистых турбин для отработавшего пара (при паровых поршневых машинах); 2) в виде комбинированных турбин для свежего и отработавшего пара, т.-е. турбин двойного давления.

Общую сводку классификации стационарных паровых турбин можно дать по следующей схеме, в которой приведены также типичные представители той или иной системы.

I. Активные турбины, т.-е. турбины одинакового давления. Кинетическая энергия пара развивается только в направляющих соплах. С обеих сторон каждого рабочего колеса существует одинаковое давление.

1) Одноступенчатые активные турбины с однократным развитием кинетической энергии:

а) Без разделения скорости с однократным преобразованием кинетической энергии пара в механическую работу.

Типичные представители системы: де-Лаваль, Ридлер-Штумпф.

б) Со ступенями скорости с многократным преобразованием кинетической энергии пара в механическую работу.

Типичные представители системы: Электра, Ридлер-Штумпф.

2) Многоступенчатые активные турбины с постепенным развитием кинетической энергии:

а) Без ступеней скорости с однократным преобразованием кинетической энергии пара в механическую работу.

Типичные представители системы: Рато, Целли.

б) Со ступенями скорости с многократным преобразованием кинетической энергии пара в механическую работу в некоторых или во всех ступенях давления.

Типичные представители системы: Кэртис, ВКЭ, MAN, Бергман,

II. Многоступенчатые реактивные турбины. Развитие кинетической энергии происходит частью в направляющих аппаратах и частью в рабочем колесе каждой ступени. Давление спереди каждого рабочего колеса больше, чем сзади его.

Типичным представителем этой системы является турбина Парсонса.

III. Многоступенчатые смешанные (комбинированные) турбины. Соединение активной турбины с реактивной.

Типичные представители системы: бр. Зульцер, Мельмс и Пфеннингер.

IV. Турбины для пара низкого давления или с отдачей пара для побочных целей.

1. Чистые турбины для отработавшего пара.

2. Смешанные турбины для свежего и отработавшего пара или турбины двойного давления.

3. Турбины с противодавлением.

4. Турбины с отбором пара.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Турбины высокого давления.

Одноступенчатые активные турбины. — Многоступенчатые активные турбины. — Реактивные (с избыточным давлением) турбины. — Смешанные турбины.

Одноступенчатые активные турбины.

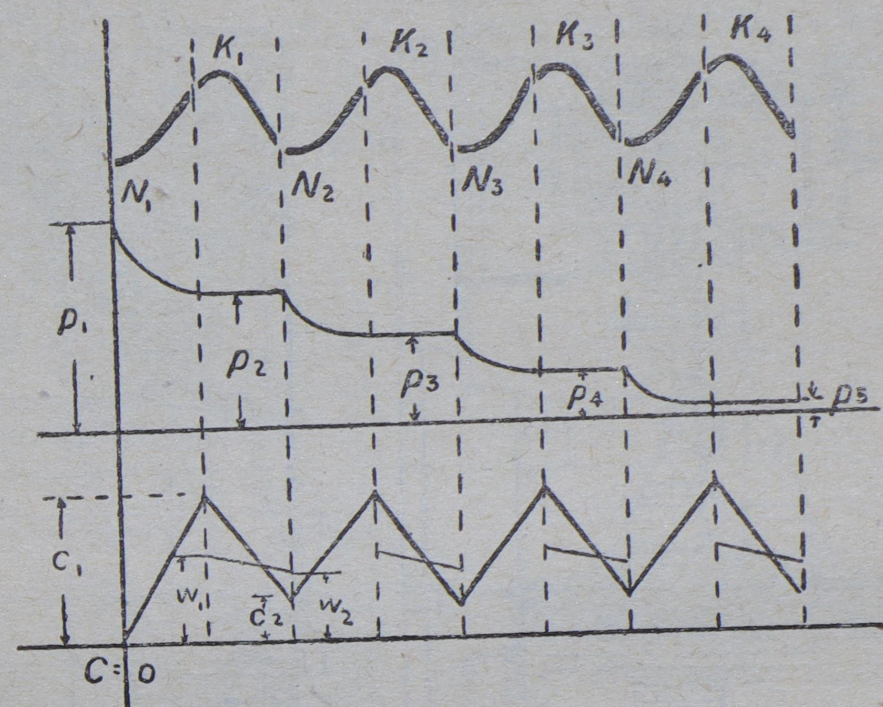
Из теории паровых турбин известно, что для возможности экономической работы машины необходимо, чтобы скорость вращения рабочего вала составляла в активных турбинах около половины скорости выхода пара из направляющего аппарата, а в реактивных — приблизительно равнялась бы этой скорости.

Уже говорилось, что в турбине Лавала, как и во всякой активной турбине, в которой все расширение будет происходить в сопле, и пар покидает рабочий цилиндр с огромной скоростью, — скорость вращения вала чрезвычайно велика. Главным недостатком этой системы и является большая скорость пара, с которой он при значительной степени расширения поступает на рабочее колесо. Скорость эта вызывает значительные потери в соплах и лопатках; для достижения же выгодного индикаторного коэффициента полезного действия необходимы очень большие периферические скорости. Однако, эти скорости возможно допускать лишь до известных пределов, при чем они обуславливают собою необходимость в устройстве передаточного привода, как это мы видим в турбине Лавала.

Так как скорость выхода пара из сопла зависит от разности давлений при входе и выходе из него, то, задавшись удобной для нее скоростью выхода, можно по ней определить соответствующую разность давлений и распределить все имеющиеся давления на несколько ступеней, соответственно указанным разностям. Именно эта идея положена в конструкцию многоступенчатых турбин, впервые осуществленная Парсонсом.

Однако, и активная турбина также может быть выполнена со ступенями давления, но без ступеней скорости. График давления и скоростей в такой турбине представлен на фиг. 834. Здесь через $K_1, K_2...$ показаны лопатки рабочих колес, укрепленные на ободах дисков, насаженных на вал. Направляющие лопатки $N_1, N_2...$ укрепляются на непод-

вижных дисках, наружный обод которых, охватывающий лопатки, плотно пригоняется к наружному цилиндрическому корпусу; втулки же неподвижных дисков охватывают втулки рабочих колес посредством особого уплотнения. Давление пара (фиг. 834), изменяясь ступенями, остается постоянным в рабочих лопатках, что ведет к неизменяемости относительных скоростей движения пара по лопаткам, при входе и выходе из них (пренебрегая потерями на трение пара о лопатки).



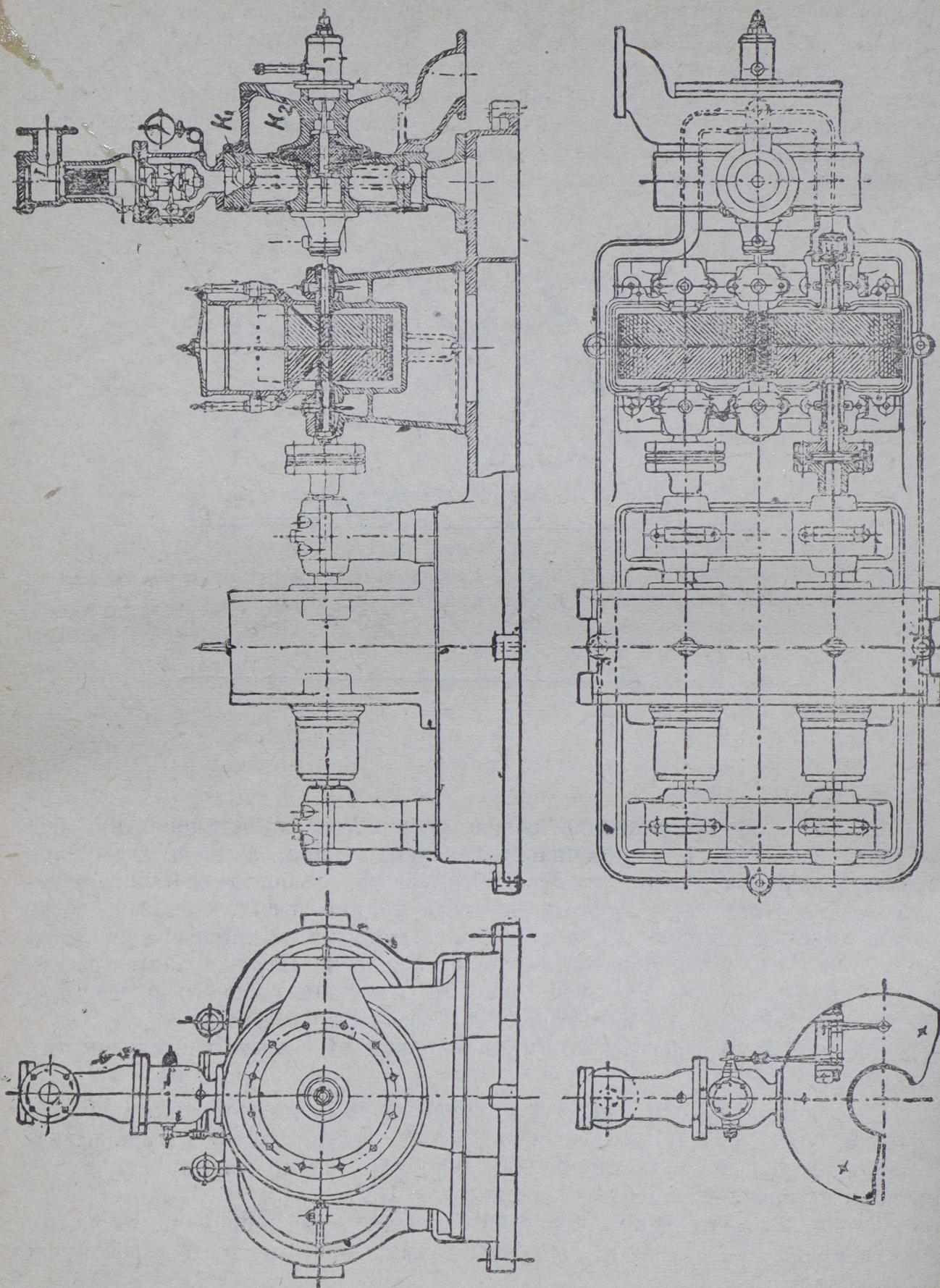
Фиг. 384.

На фиг. 835 представлено общее устройство одноступенчатой, без ступеней скорости и с парциальным впуском пара, активной турбины Лавала, постройки машиностроительного завода Гумбольдт в Кальке. Свежий пар поступает при I , затем, проходя регулирующий клапан V , вступает в паровую камеру K_1 , в которой вставлены различные сопла под углом $\alpha = 17$ до 20° к плоскости рабочего колеса. Передав часть развиваемой в соплах кинетической энергии лопаткам рабочего колеса, пар поступает в камеру K_2 , а оттуда в атмосферу или в конденсатор.

Относительно конструкции и выполнения отдельных частей заметим следующее:

Сопла (фиг. 836) имеют уплотняемые помощью сальника запорные стержни. Устье сопла имеет плоско эллиптическую форму и расположено у рабочего колеса параллельно плоскости его. Число сопел зависит от размера турбины и колеблется между 1 и 15.

Турбины, работающие временами с конденсацией и временами с выпуском в атмосферу, бывают снабжены двумя сериями сопел с различной конусностью.



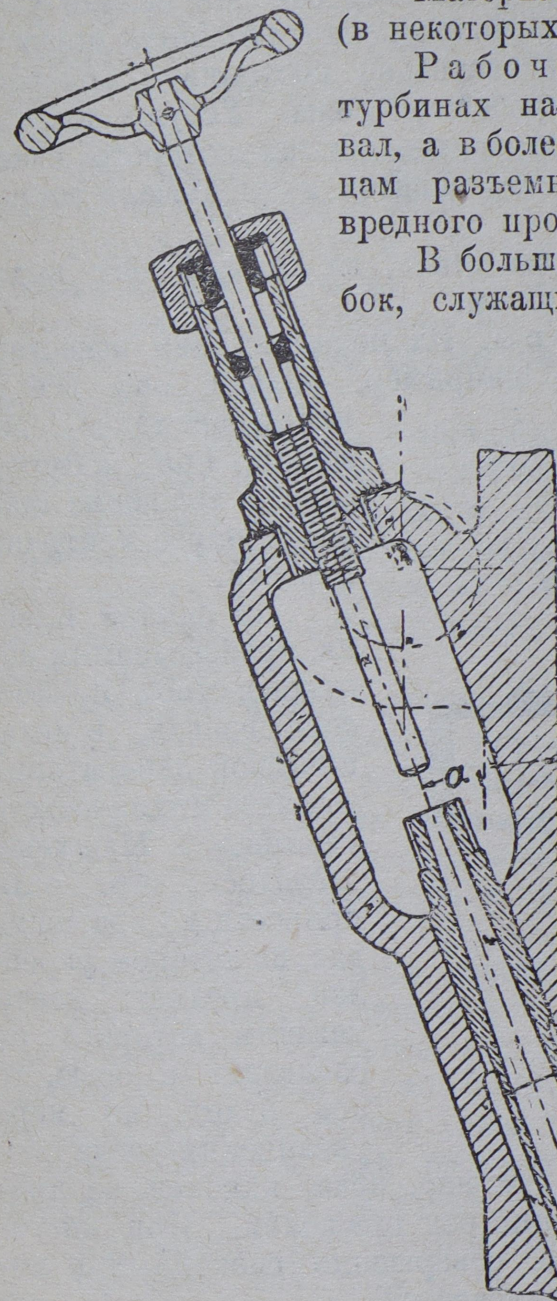
Фиг. 835.

В прежних конструкциях расположение сопел производилось по окружности, в настоящее же время они располагаются рядом для целей сохранения большей компактности паровой струи.

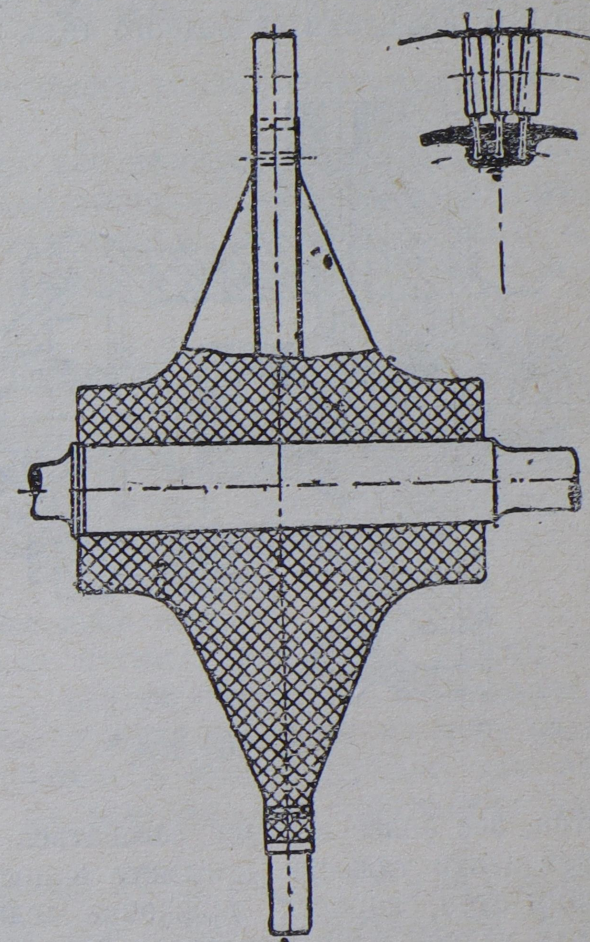
Материалом для изготовления служит бронза (в некоторых случаях для перегретого пара — сталь).

Рабочее колесо (фиг. 837) в небольших турбинах надевают на обточенный с легким конусом вал, а в более крупных колесо привинчивают к фланцам разъемного вала, чем избегают необходимости вредного просверливания колеса в середине.

В больших колесах вытачивается особый желобок, служащий предохранением разрыва диска при



Фиг. 836.



Фиг. 837.

чрезмерном разбеге турбины; в этом случае, при критическом напряжении материала колеса, сперва оторвется обод и тем самым предупредит более серьезный разрыв самого диска.

Колесо изготавливается из кованой никелевой стали. Диску придается форма тела равного сопротивления или с гиперболическим профилем.

Лопатки цилиндрической своей ножкой вставлены в соответственно выфрезированные гнезда в колесе, где они слегка расчеканиваются.

Подобный способ закрепления удобен по двум соображениям: во-первых, он допускает удобную замену лопаток и, во-вторых, вполне пригоден для больших периферических скоростей.

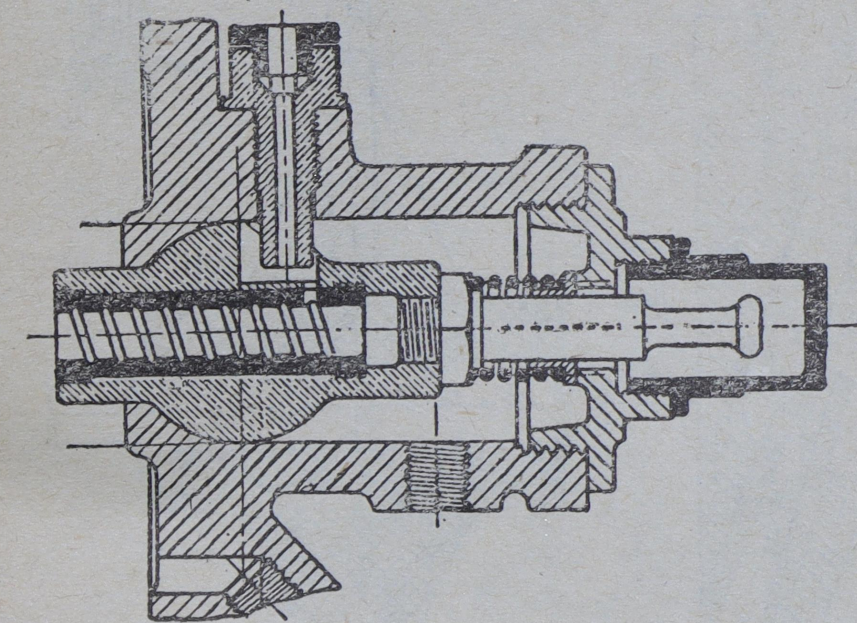
Толщина лопатки в канале по горизонтальному сечению сильно увеличивается к середине, в радиальном же направлении утоняется наружу, каковой конструкцией достигается приблизительно постоянное поперечное сечение прохода и уменьшение центробежной силы. Уступы лопаток у наружного борта образуют сплошное кольцо, стыки которого спаиваются. Кольцо это увеличивает стойкость лопаток и уменьшает сопротивление вентиляции.

Материалом для лопаток служит литая сталь, из которой они выдавливаются и затем фрезеруются по шаблонам.

Турбинный вал и его опоры. Из механики нам известно, что при вращении свободного тела, как, например, волчка, оно всегда

принимает такое положение, при котором ось его вращения проходит через центр его тяжести.

По опытам Клейна, произведенным под руководством профессора Фэппль, в механической лаборатории высшего технического училища в Мюнхене, оказалось, что если привести во вращение вал, на котором укреплен предмет, центр тяжести которого не совпадает с осью, то ось будет, по мере увеличения числа обо-



Фиг. 838.

ротом, все более и более изгибаться, до тех пор, пока, наконец, не приведет центр тяжести предмета в положение оси вращения. При достижении этой скорости, вращение делается совершенно спокойным и никаких ударов в подшипниках более не замечается.

В турбинах Лавала укладка вала при незначительной его толщине производится в далеко расставленных подшипниках, причем конструкция подшипников имеет особую форму: у свободного конца вала его опорой служит шаровой подшипник (фиг. 838), нажимаемый посредством пружины; на другой стороне турбинной камеры вал опирается на свободно висящий уплотняющий подшипник, который также снабжен пружинным уплотнением и шаровыми опорными поверхностями с зазорами в гнездах для возможности некоторого прогиба вала с небольшим боковым его смещением.

Гибкость вала допускает установку рабочего колеса в свободной оси вращения при превышении критического числа оборотов, чем устраняется высокое напряжение как самого вала, так и его подшипников, неизбежное при другом устройстве из-за развития большой центробежной силы. Гибкость вала уравнивает также неточности в распределении массы колеса, что освобождает от необходимости точного его уравнивания.

Что касается подшипников передаточной шестерни, то они снабжаются вкладышами с заливкой баббитом и имеют кольцевую смазку.

Передаточный привод в турбинах имеет передаточное отношение от 1:10 до 1:14, причем при мощностях до 50 л. с. снабжается одним, а свыше 50 л. с. — двумя медленно вращающимися валами. В последнем случае каждый из валов передает половину всей мощности турбины.

Потеря мощности в приводе составляет весьма небольшую величину и составляет всего от 1 до 2%.

Избежать передаточного привода для непосредственного соединения турбинного вала с рабочим механизмом возможно только при центробежных насосах и вентиляторах с большим числом оборотов, а также при динамомашинах постоянного тока, — в последнем случае с большими трудностями.

Зубчатые колеса изготавливаются из литой стали. Для уничтожения продольного перемещения вала они устроены в виде винтовых колес большой ширины с небольшими делениями. Изготовление колес достигает высокой точности, благодаря чему, а также вследствие небольшого давления зубцов в зацеплениях, при большой скорости изнашивание чрезвычайно незначительно и едва заметно на-глаз даже после нескольких лет работы.

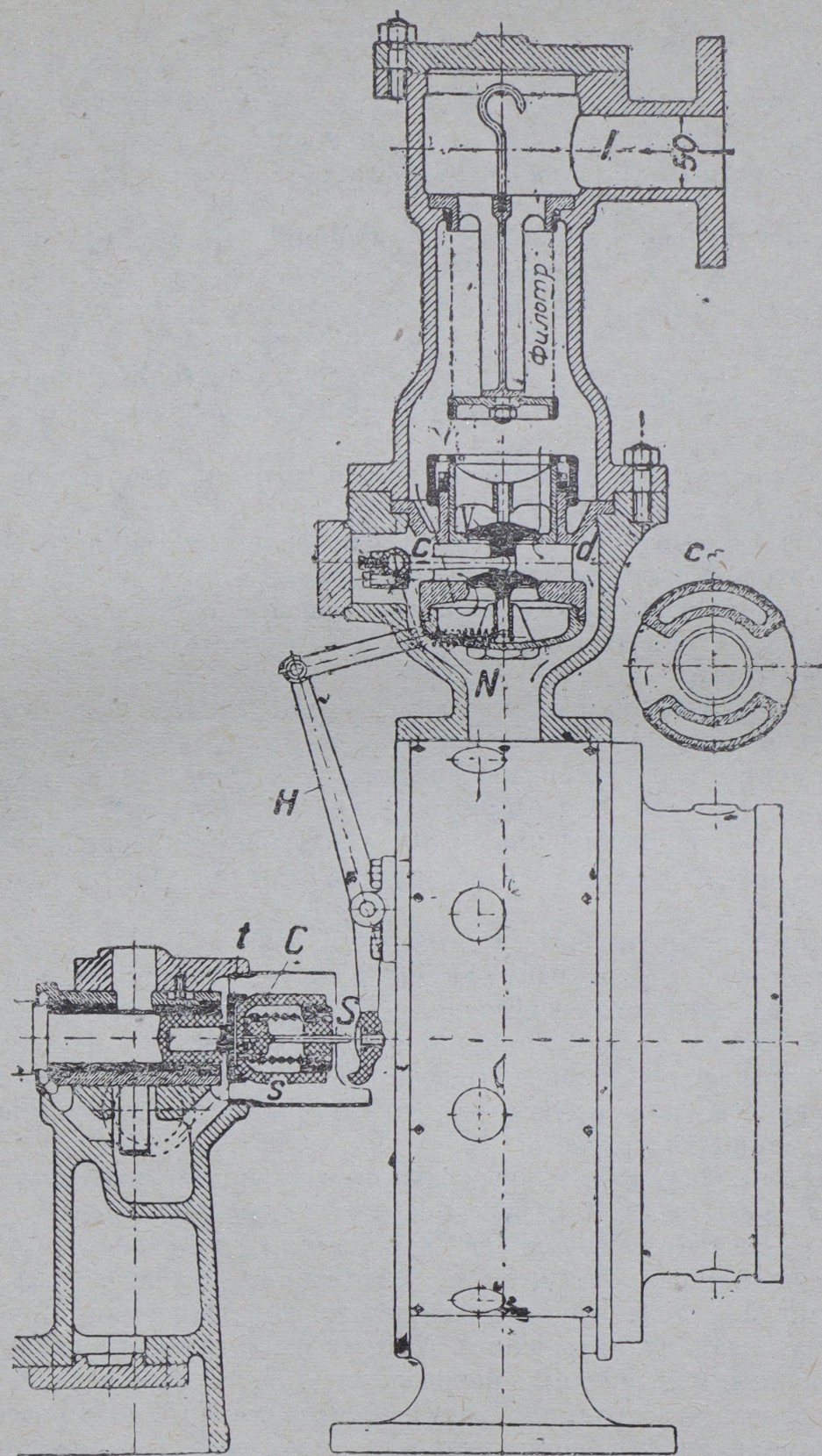
Вращаются зубчатые колеса в масляной ванне.

Регулирование происходит двумя путями: во-первых, посредством центробежного, сильного регулятора, действующего на двухседельный дроссельный клапан и, во-вторых, при помощи закрытия по мере надобности от руки некоторых соел имеющих в каждой турбине для различной мощности, для избежания, по возможности, торможения пара при всякой данной нагрузке.

Пружинный регулятор и дроссельный клапан изображены на фиг. 839.

Вращающиеся тела *C* регулятора при уклонении вращаются своими призмами в соответствующих гнездах камеры, действуя на тарелку *t* пружины при помощи штифтов *s*. Отклонение вращающихся тел при помощи шпинделя *S* и двуплечего рычажного механизма *H* передается дроссельному клапану. Пружина *N* стремится держать клапан всегда открытым и нажимает нижний конец рычага *H* на шпиндель *S*.

В некоторых конструкциях регуляторного механизма других заводов, например американских, при паличии в турбине конденсации, шпиндель *S* нажимает непосредственно на рычаг *H* и на сидящий в нем небольшой поршень, каковым приспособлением достигается при внезапных сильных разгрузках и соответствующих им сильных уклонениях



Фиг. 839.

регулятора открытие особого вакуум-вентиля, впускающего в камеру рабочего колеса воздух и тем самым уменьшая скорость до требуемого предела.

Отличительной особенностью этой турбины является: небольшой диаметр и большое число оборотов рабочего колеса, а также применение зубчатой передачи. Небольшой диаметр колеса ограничивает работу холостого хода; что касается большого числа оборотов, то оно необходимо для достижения соразмерной периферической скорости, или обусловливаемым ею достаточным индикаторным коэффициентом полезного действия. Назначение зубчатой передачи — уменьшать большое число оборотов турбинного вала до практически применимого числа 15 000—3 000 в минуту при мощности до 1 200 л. с. (1 100 kw). В недавнем прошлом допускалось только 3 000—750 оборотов при мощности только до 300 л. с.

Преимущества подобной системы состоят в большой простоте, конструкции и незначительной строительной длине турбины. Пар, даже при значительном его перегреве в котле, поступает в паровую камеру и на лопатки под низким давлением и при сравнительно низкой температуре, вследствие чего получаются небольшие потери от лучеиспускания и незначительные тепловые расширения камеры; сальники вала подвержены небольшому давлению, а для подогрева и пуска в ход турбины требуется небольшое время.

Описанная система турбины может быть рекомендована при установках, главным образом небольших, в которых особое внимание обращено на большую простоту ухода и обслуживания, на ограниченность места для турбины и на начальную стоимость, которая сравнительно незначительна. Все эти соображения могут быть решающими в особенности, если расход пара играет второстепенную роль.

Недостатком этой турбины, помимо присущих всем одноступенчатым машинам недостатков, необходимо отметить наличие передаточного привода, который хотя и работает безупречно, но все же увеличивает размеры и стоимость и работает с неприятным шумом, вместе с тем ограничивая мощность турбины некоторым допускаемым пределом.

Турбина Лаваля конструктивно отлично разработана и превосходно выполняется заводом Гумбольдт. Она оказалась вполне удовлетворительной не только для насыщенного, но и для перегретого пара, при котором особых нарушений работы не происходит.

Изнашивание отдельных деталей чрезвычайно мало.

Расход смазки умеренный в не зависимости от того, каким паром, насыщенным или перегретым, работает турбина. Дело в том, что все сальники, колеса, лопатки, вал и его подшипники, как, впрочем, и при всех одноступенчатых активных конструкциях, приходят в соприкосновение только с отработавшим паром, который, безразлично насыщен он или перегрет, имеет значительно более низкую температуру, нежели впускаемый пар.

Из нижеследующей таблицы можно получить исходные данные для первого приближения при проектировании установки.

Главные размеры и гарантируемый расход пара для турбин де-Лавала (машиностроительного завода Гумбольдт в Кальке).

Эффективная мощность N_e		Число оборотов в минуту		Средний диаметр рабочего венца мм	Расход пара на 1 действит. л. с. в час и эффективная степень полезного дей- ствия при сухом насыщенном паре абсо- лютн. давления 10 кг/см ²			
В л. с.	kw	турбины	переда- точного привода		Выпуск в атмосферу без противодавле- ния		Конденсация с вакуумом в 92%	
					D_e кг	η_e	D_e кг	η_e
3	1,65	30 000	3 000	100	24,2	0,28	—	—
5	3,05	30 000	3 000	100	24,2	0,23	12,3	0,24
10	6,11	24 000	2 400	150	23,0	0,29	12,5	0,29
15	9,42	24 000	2 400	150	20,9	0,32	12,1	0,30
20	12,58	20 000	2 000	200	20,5	0,33	10,4	0,35
30	19,14	20 000	2 000	200	18,7	0,36	10,1	0,36
50	32,25	15 000	1 500	300	18,2	0,37	9,7	0,37
75	48,50	12 500	1 250	300	17,2	0,39	9,5	0,38
100	66,00	10 000	1 050	500	(18,3)	(0,37)	8,4	0,43
				400	16,0	0,42	9,5	0,38
				500	16,3	0,41	8,2	0,44
150	100,00	10 000	1 050	400	15,2	0,44	—	—
225	148,00	10 000	1 000	620	16,0	0,42	7,7	0,47
300	200,00	10 000	750	760	18,5	0,36	0,25	0,50

и выше

Приведенный здесь расход пара относится к полной нагрузке и повышается:

при $\frac{3}{4}$ нагрузки на 2 до 4%,
" $\frac{1}{2}$ " " 6 " 12%,
" $\frac{1}{4}$ " " 12 " 25%.

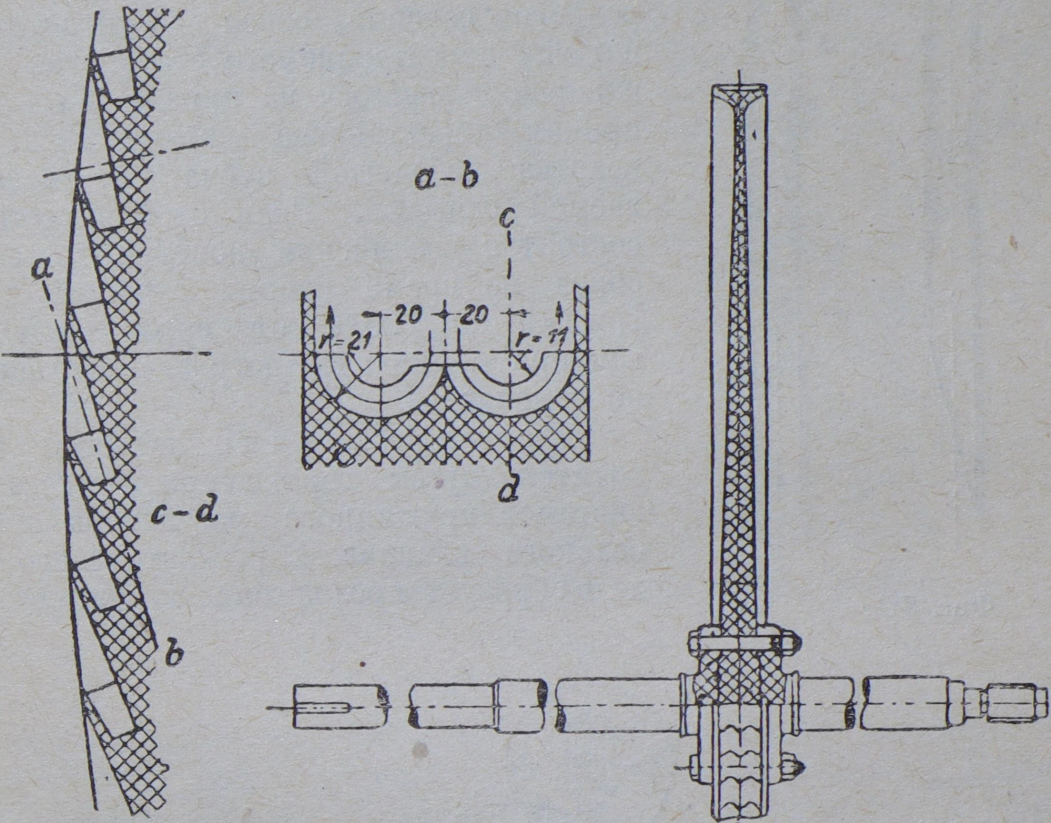
Работа конденсатора не входит в этот расчет; при включении ее расход пара повышается на 3—5% при больших и на 5—10% при меньших машинах.

При перегретом паре расход пара уменьшается на каждые 50° повышения температуры на 4—7%.

Из всего изложенного о паровой турбине Лавала мы видим, что ахиллесовой пятой машины, несмотря на многие ее положительные стороны, является передаточный привод. Немцы Ридлер и Штумпф попробовали избавиться от передаточного привода и для достижения практически применимых чисел оборотов без его помощи, применили в своей одноступенчатой турбине большой диаметр рабочего колеса. Благодаря этому освобождению от громоздкого придатка конструкции, турбина получилась значительно проще, чем у Лавала, но применяется для мощностей свыше 300 действит. л. с. Однако, условия ее работы предъявляют очень

высокие требования к материалу рабочего колеса и, кроме того, применяющиеся в этой турбине лопатки по типу лопаток Пельтона в водяных турбинах для тангенциального подвода пара не только весьма дороги, но также дают худшее направление пара, чем другие конструкции лопаток.

На фиг. 840 изображено рабочее колесо турбины, изготовленное из никелевой стали с сопротивлением разрыву 95 кг/мм² и пределом упругости в 75 кг. Колесо имеет форму диска равного сопротивления и соединяется с турбинным валом посредством центрованных фланцев и пригнанных болтов.



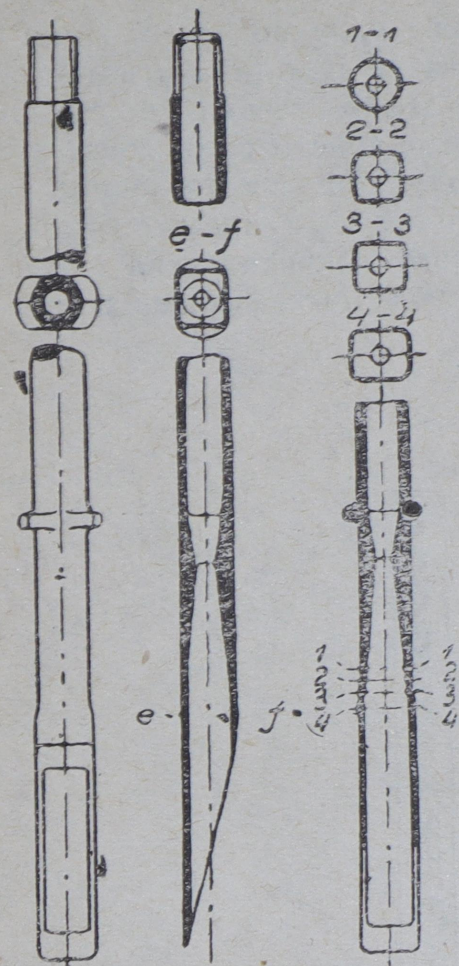
Фиг. 840.

Сопла располагаются по всей окружности рабочего колеса (см. деталь слева фиг. 840); их поперечное сечение имеет круглую форму, а на некоторой высоте переходит в квадратную (фиг. 841).

Турбина строится одноступенчатой и многоступенчатой заводом ВКЭ в Берлине и некоторыми американскими заводами от небольших мощностей до 1 400 л. с. при 3 000 об/мин.

Из класса активных турбин небольших и средних мощностей известна еще турбина Электра, системы инж. Кольба, выполнения завода того же наименования в Карлсруэ (Германия).

Турбина строится с радиальным подводом пара и с одной или двумя ступенями давления,—в первом случае для мощностей до 100 действит. л. с. и во втором—от 100 до 400 л. с. с несколькими ступенями скорости.

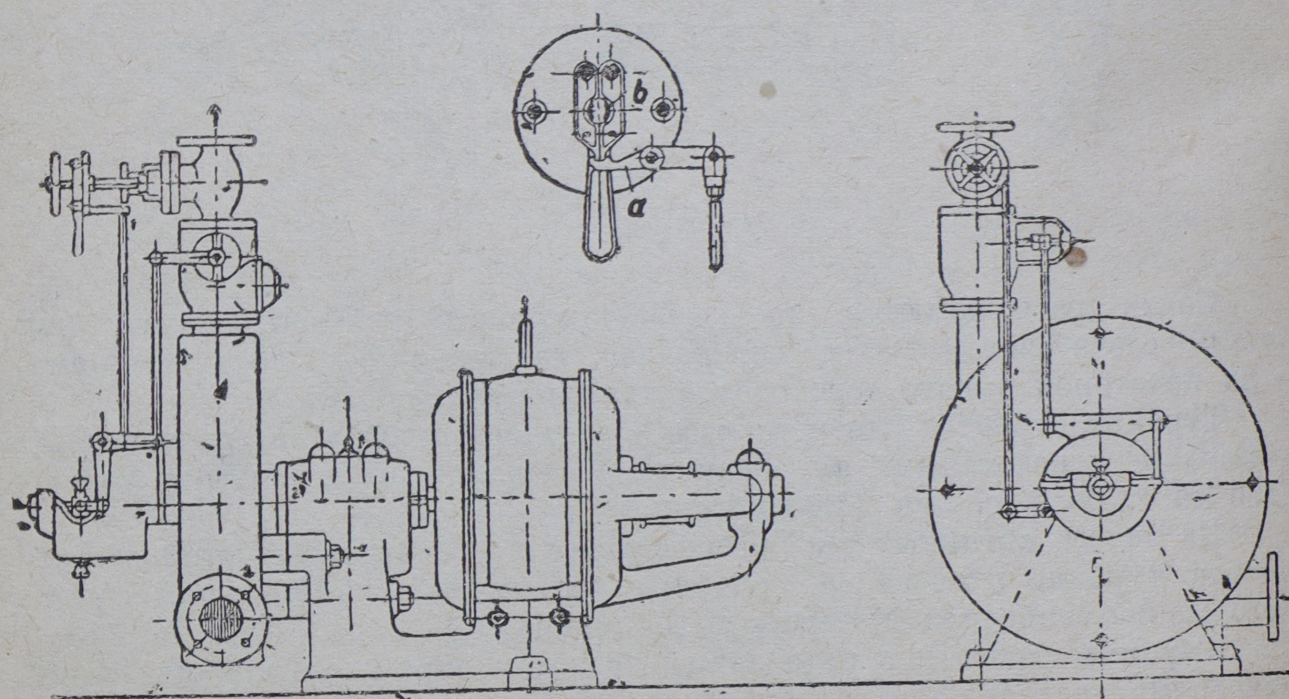


Фиг. 841.

На фиг. 842 показан наружный вид турбины, мощностью до 30 — 40 л. с., соединенной на одном общем валу с генератором; на фиг. 843 другая конструкция турбины для мощностей свыше 40 л. с., вал которой непосредственно соединен с валом генератора жесткой муфтой.

Сопла сидят в чугунном корпусе, привинченном к цилиндрической стенке камеры. Изменение прямоугольного поперечного сечения сопел достигается при помощи переставляемого стального язычка, поворачивающегося на призме у его конца, причем перестановка смог язычка производится небольшой зубчаткой, поворачиваемой снаружи. Цель этой перестановки состоит в увеличении поперечного сечения сопел во время работы турбины с перегрузкой (до 25% от нормальной), тогда как при нормальной нагрузке положение их не изменяется.

Регулирование турбины производится путем торможения свежего пара системой пружинного регулятора и дроссельного клапана. В регуляторе его шпindel образует продолжение турбинного вала.

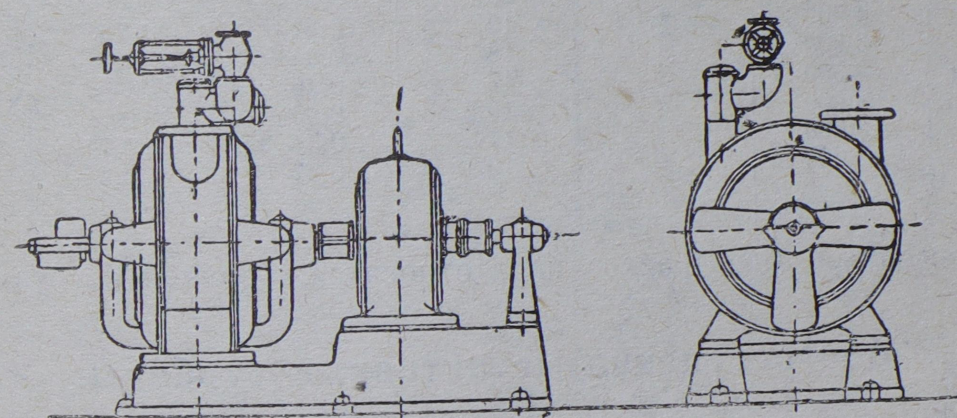


Фиг. 842.

Колебания чисел оборотов при внезапной полной разгрузке и нагрузке составляют незначительную величину в 1—2% от нормального числа оборотов.

Вспомогательным регулирующим приспособлением на случай внезапного повышения числа оборотов на 5% от нормального, например, при отказе главного регулятора, служит подвешенный в камере регулятора нагруженный пружиной вращающийся груз. При повышении числа оборотов груз ударяет об изогнутое плечо, а это последнее посредством тяг расцепляет рычаг *a* (фиг. 842) у запорного клапана; этот рычаг освобождает держатели *b* шпинделя клапана, после чего при помощи пружины достигается приведение клапанной тарелки в закрытое положение.

При устройстве, изображенном на фиг. 843, подшипники турбинного вала отлиты вместе с лобовыми стенками кожуха. При коротком расстоянии между подшипниками и небольшим весе рабочего колеса, смазка



Фиг. 843.

подшипников достаточно помощью простой кольцевой системы. В больших турбинах масло охлаждается. У вкладыша правого подшипника имеется упорное кольцо, предохраняющее вал от продольного перемещения и помощью особой гайки допускающее точную установку вала и всех связанных с ним частей относительно рабочей камеры.

Для приведения вентиляторов и центробежных насосов заводом строятся тихоходные турбины с шестикратным впуском пара, при непосредственном соединении.

Для мощностей выше 100 л. с. строятся те же радиальные турбины, но с двумя ступенями давления, из коих каждая при помощи обводных каналов направляет пар к трехкратному подводу в свой рабочий венец, т.-е. образует три ступени скорости.

Эти машины носят название турбин-компаунд. Отдельные части турбин-компаунд по существу одинаковы с одноступенчатыми; некоторую разницу представляет уплотнение сальников, которое достигается водой, прогоняемой через особый лабиринт, тогда как в вышеотмеченных конструкциях небольших мощностей ограничиваются питанием сальников паром.

Главные размеры и гарантированный расход пара в турбинах Электра турбинного акц. о-ва Электра в Карлсруэ.

Эффективная мощность N_e в л. с.	Число оборотов в минуту	Средняя периферическая скорость u м/сек	Действительный расход пара на 1 действительную л. с. в час и эффективный коэффициент полезного действия для перегретого пара давлением 10 кг/см ² в 250 С			
			Выпуск в атмосферу		Конденсация с вакуумом 90%	
			D_e кг	η_e	D_e кг	η_e
3	5 000	90—100	23,5	0,26	—	—
6	4 500		22	0,28	—	—
10	4 000		20	0,31	22	0,27
15	4 000		19	0,32	12,5	0,28
20	3 500		18	0,34	11,5	0,31
30	3 500		17	0,36	11	0,32
50	3 000		15,5	0,40	10	0,35
75	3 000		14	0,44	9,7	0,36
100	3 000		13	0,47	9,4	0,37

Приведенный здесь расход пара относится к полной нагрузке.

Многоступенчатые активные турбины.

Под многоступенчатой турбиной с чистой градацией давления понимается машина, в которой последовательно соединено на общем валу несколько одноступенчатых турбин, каждая из коих превращает только часть энергии пара в полезную работу. Тепловой напор, поступающий в направляющий аппарат (направляющее колесо), обычным порядком отдает некоторую часть своей энергии рабочему колесу первой секции турбины, затем он расширяется и, будучи направлен в камеру второй секции, передает и ее рабочему колесу некоторую часть энергии, снова расширяется и т. д. до последней секции, после чего пар направляется в конденсатор. Словом, здесь действует принцип многократного использования энергии пара, т.-е. принцип компаунд.

Таким образом, в каждой рабочей камере давление перед рабочим колесом и позади его теоретически одинаково, но в отдельных камерах оно различно.

Главнейшим преимуществом подобных турбин, назовем их турбинами-компаунд, является выгодность коэффициента полезного действия, хотя бы и при небольших числах оборотов и небольших диаметрах рабочих колес.

Недостатком можно считать наличие высоких начальных давления и температуры, весьма неблагоприятно влияющих на элементы первой

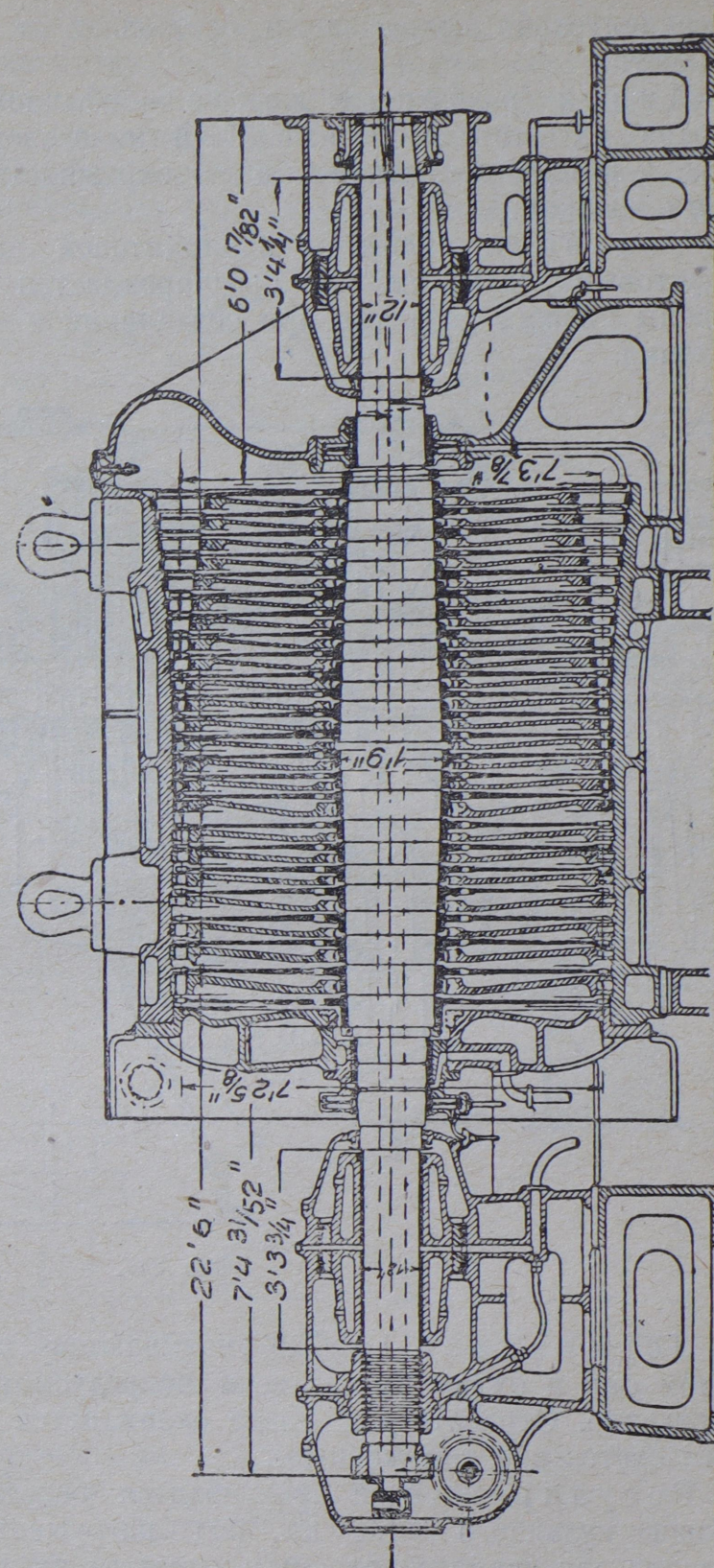
ступени, а также затрудняющих уплотнение сальников и усиливающих тепловое расширение статора. Последние два фактора в значительной степени могут быть обезврежены хорошо поставленным делом обслуживания и ухода, если сама конструкция и выполнение машины безукоризненны.

Многоступенчатые активные турбины с чистой градацией давления имеют большое промышленное значение, так как применяются, главным образом, при больших мощностях (в крупной промышленности). Этих турбин в промышленных предприятиях СССР, в частности в Московской области, установлено достаточно много и работают они удовлетворительно.

Примером подобной турбины по конструкции, предложенной Рато, может служить турбина завода Вестингауза в Манчестере (Англия), представленная на фиг. 844. Мощность турбины в 5 000 kW при 750 оборотах в минуту. Давление впуска пара 15 ат; температура впускаемого пара—350°C; разряжение в конденсаторе составляет 96%; расход пара—5 кг на kW/час. Эффективный коэффициент полезного действия

$\eta_e = 0,68$. Строительная длина ~ 7 м, высота от пола ~ 3 м.

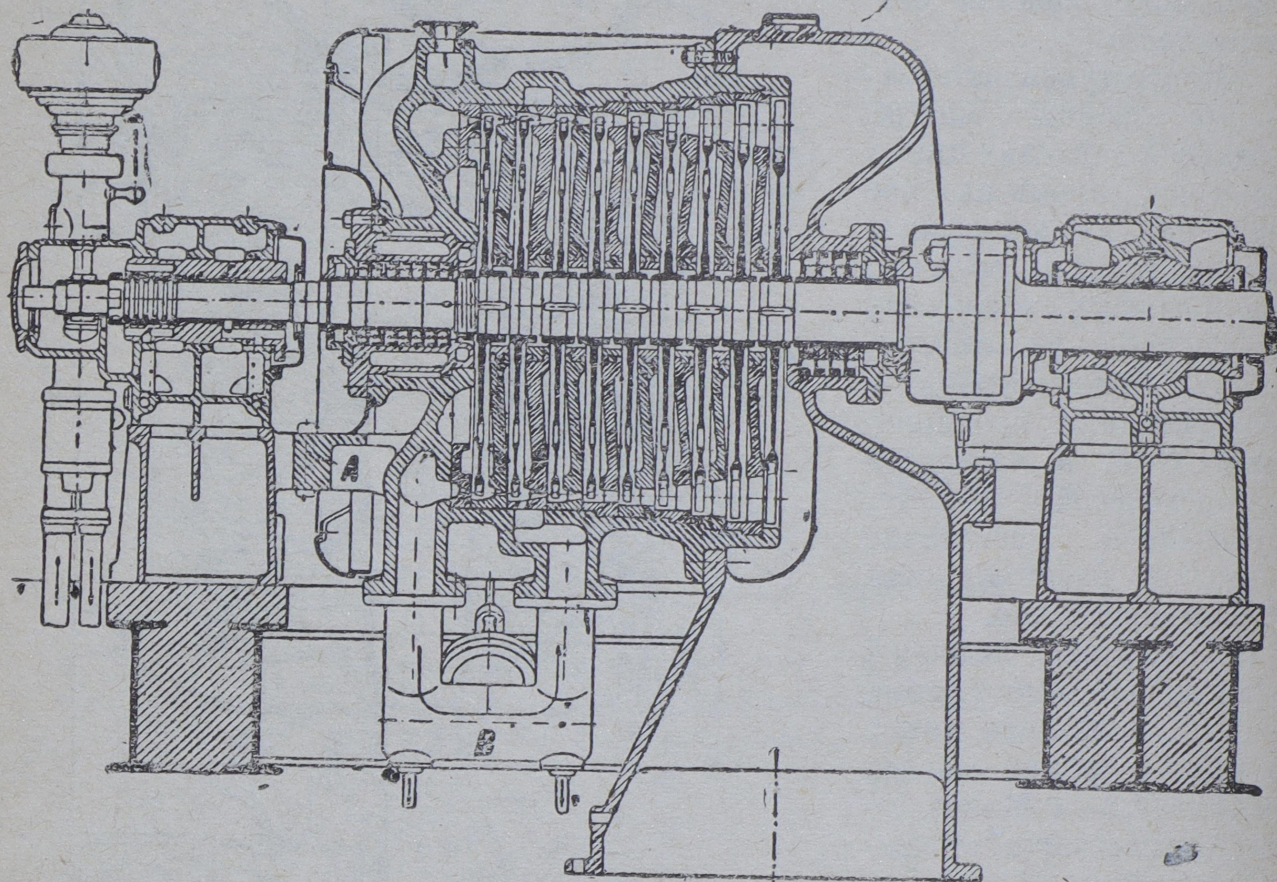
Из конструктивных особенностей отметим следующее: число ступеней в турбине, изображенной на фиг. 844, составляет 24, но теперь



оно значительно сокращено и составляет от 8 до 20, в зависимости от мощности.

Диски рабочих колес — обычной формы и конструкции; лопатки их изготовленные из 5%-й никелевой стали, насажены на край диска и к нему приклепаны, а по окружности снабжены приклепанным к ним кольцом.

Сальники снабжены лабиринтовой набивкой или пригнанными графитовыми кольцами, чем предупреждается проникновение воздуха со стороны низкого давления при соединении с соответствующей ступенью давления.



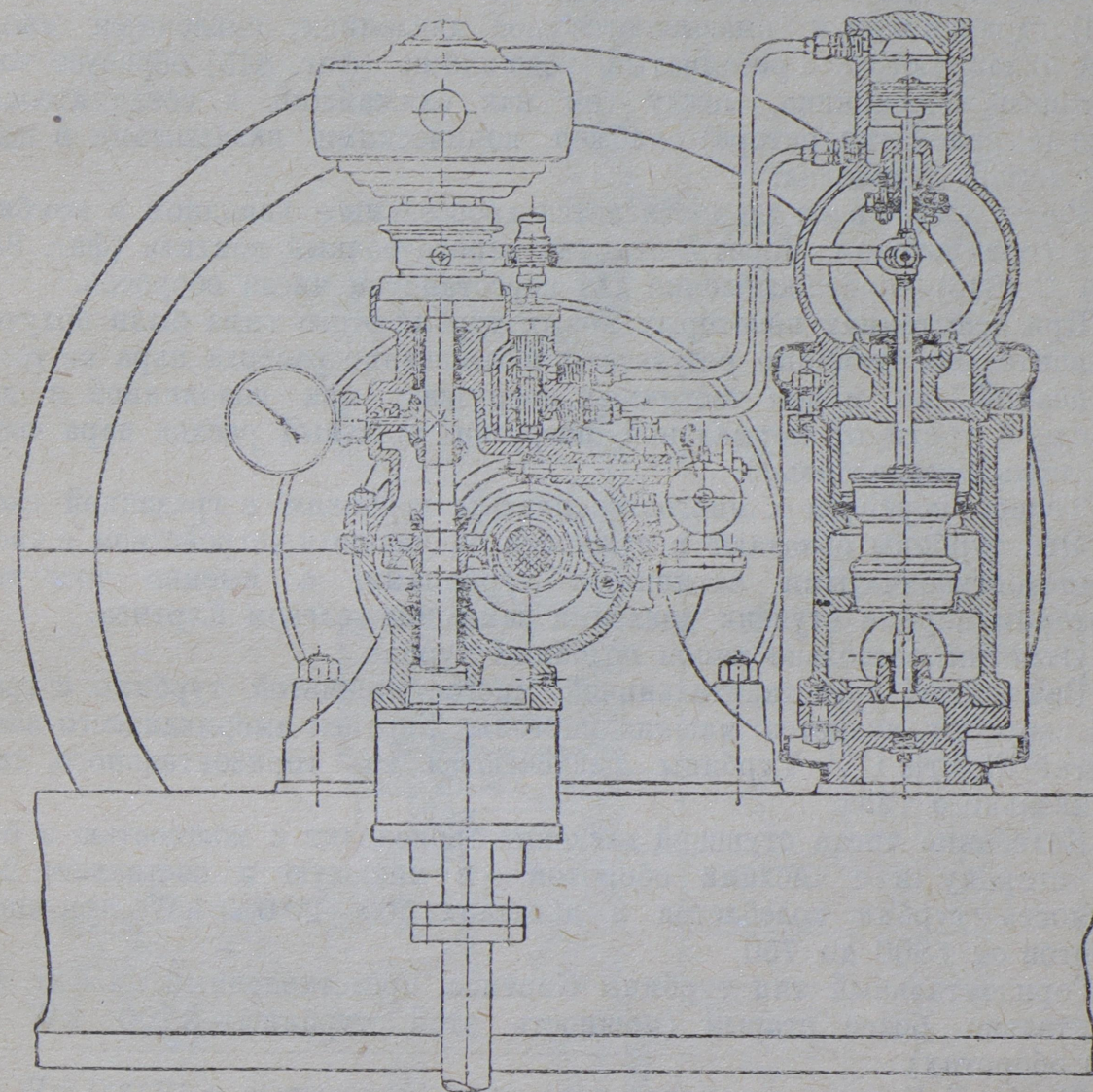
Фиг. 845.

Подшипники вообще смазываются под давлением; смазочным маслом они и охлаждаются, если не предусмотрено специальное водяное охлаждение. Отработавшее масло охлаждается и после фильтрации снова используется для той же цели.

Регулирование производится регулятором, действующим при помощи кулачного вала на ряд нагруженных пружинами впускных клапанов для свежего пара, т.-е. остается чисто качественным (фиг. 844).

В более новых конструкциях регулирование производится двухседельным дроссельным клапаном, приводимым регулятором при помощи масляного сервомотора. Предохранительный регулятор в последнем случае при повышении числа оборотов на 5—15% от нормального закры-

вает дроссельный клапан на главном паропроводе; он, при посредстве нагнетательного поршня, находится также в соединении с питающей смазочной системой подшипников и сервомотора, благодаря чему при отказе подачи смазки или главного распределения предохранительный регулятор выполняет свою функцию. Подробнее об этой системе двойного регулирования и соответствующих механизмах будет сказано дальше (305 фиг. 902).



Фиг. 846.

На фиг. 845 и 846 в продольном и поперечном разрезах приведена турбина Целли, постройки Герлицкого завода (Германия). Эту турбину строят и другие европейские и американские заводы с отдельными конструктивными изменениями, например, в некоторых турбинах рабочие колеса разделены на две группы различного диаметра, тогда как в конструкции по фиг. 845 все колеса имеют одинаковый диаметр, и проч. Число ступеней зависит от числа оборотов и колеблется в пределах 9—16.

Корпус статора разъемен не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости. Подобно подшипникам, он установлен на общей фундаментной плите, с которой сзади соединен неподвижно, а спереди — короткой направляющей *А*.

Лопатки дисков рабочих колес сидят в выточенном тавровом пазу колеса; снаружи лопатки замыкает наваренное кольцо.

Сальники снабжены пригнанными графитовыми кольцами, не требующими подачи никакой смазки.

Подшипники смазываются под давлением; смазочным маслом они и охлаждаются. Гребенчатый подшипник (фиг. 845) образует часть наружного подшипника, между тем как ближайший к соединительной муфте (с валом генератора) снабжен коническими вкладышами в целях более легкой установки.

Регулирование достигается дроссельным клапаном в комбинации с сервомотором. Через *В* отмечен перегрузочный клапан (фиг. 845); через *С* (846) — приспособление для перестановки числа оборотов.

При испытаниях некоторых новых турбин этого типа были получены исключительно отличные результаты в отношении расхода пара не только при полной, но и при частичных нагрузках; при половинной и даже при одной трети от нормальной нагрузки удельный расход пара возрастал лишь незначительно.

Теперь перейдем к многоступенчатым турбинам с градацией скорости. Эти турбины обладают в сущности одинаковым устройством с чистыми многоступенчатыми активными турбинами, а именно того типа, в котором первые ступени давления заменены колесом Кэртиса.

Отметим несколько типов подобных турбин.

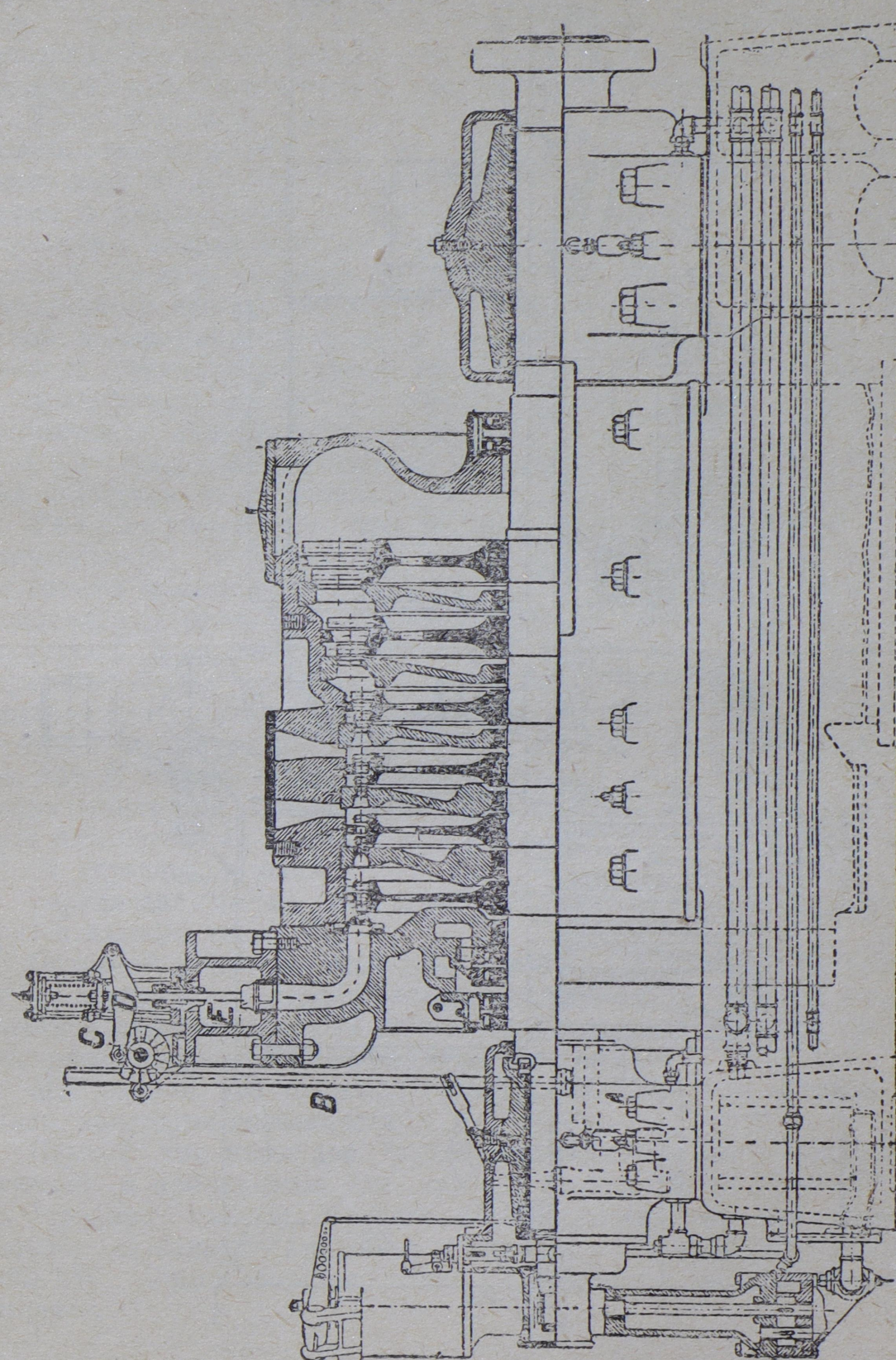
Важнейшей представительницей многоступенчатой турбины с градацией скорости является машина системы Кэртиса американского завода General Electric Co. Турбины выпускаются как горизонтального, так и вертикального типа.

Колебание числа ступеней давления происходит с мощностью в большую сторону и с числами оборотов — в меньшую и составляет 2—6. Мощность турбин колеблется в пределах 500—20 000 kW при числах оборотов от 1800 до 750.

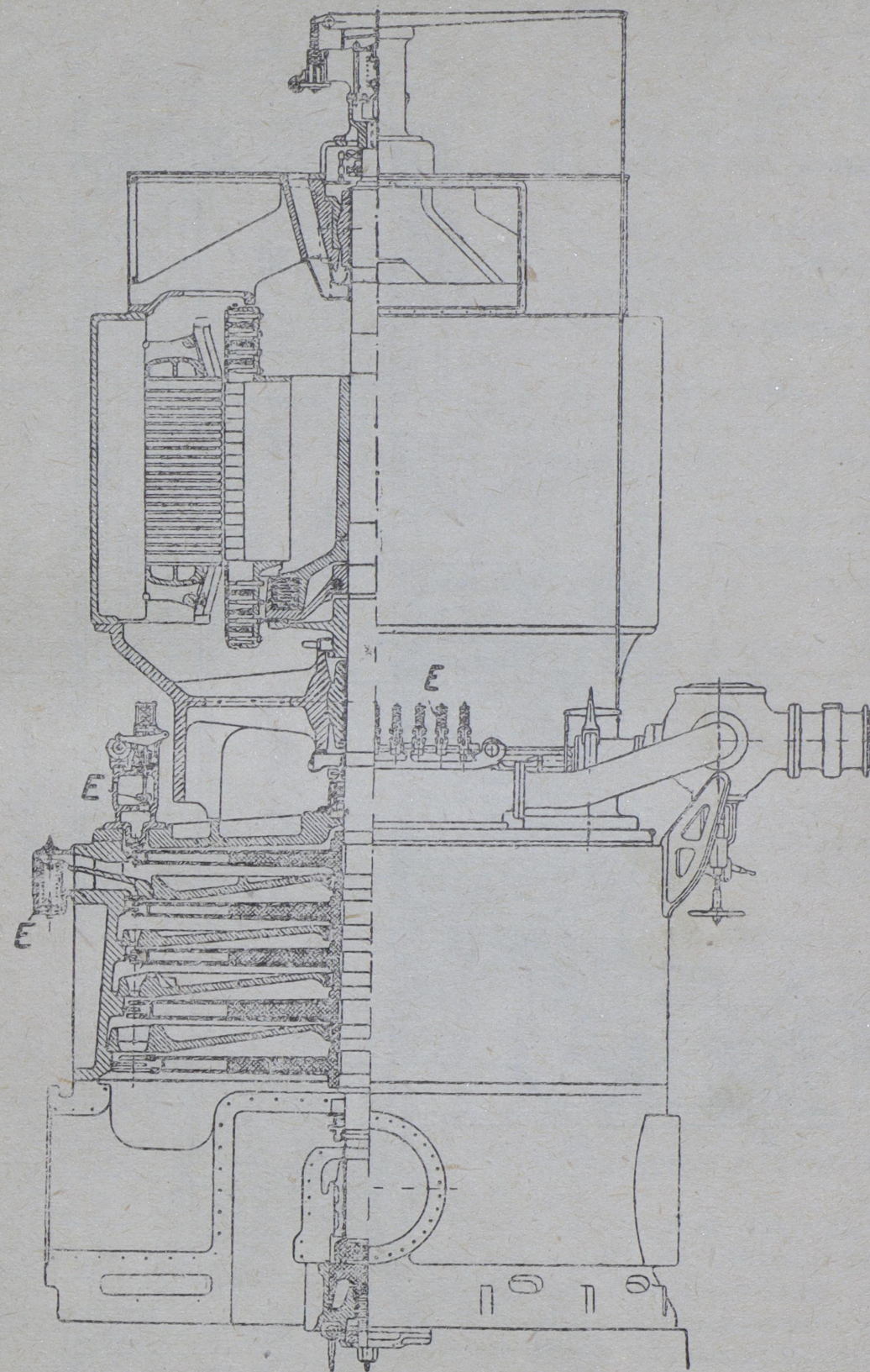
Горизонтальный тип турбины Кэртиса, представленный на фиг. 847, значительно более старый (мощность этой турбины — 3 200 kW при 1800 оборотах).

Турбина Кэртиса вертикального типа (мощностью в 12 000 kW при 750 оборотах в минуту) показана на фиг. 848.

Основное преимущество вертикальной конструкции турбины состоит в большой компактности машины, что позволяет производить установку при наличии небольшого места. Дальнейшим преимуществом является выгодное расположение подшипников и легкое уравнивание вращающихся масс. Некоторыми недостатками следует признать затруднительность монтажа, требующего от личного состава большой опытности и особой тщательности работы. Кроме того турбина вертикального типа не допускает больших чисел оборотов.



Фиг. 847.



Фиг. 848.

В горизонтальной турбине разъемный (по горизонтали) кожух двумя длинными лапами опирается на фундаментную плиту, независимо от обоих подшипников. В вертикальной турбине статор, вообще говоря, состоит из нескольких цилиндров, из коих в верхнем помещается ротор, а в других—рабочие колеса и направляющие аппараты.

Турбинный вал, изготовленный из одного куска, в турбине первого типа опирается на два длинных подшипника, расположенных далеко один от другого. Вал вертикальной машины имеет тройное направление, а именно: внизу—в подпятнике (см. дальше стр. 284, фиг. 886), посередине и вверху в подшипниках. Смазка всех опор производится под большим напором; давление бывает настолько значительно, что позволяет вращающимся частям находиться в подвешенном состоянии. Промежуточные подшипники (средний и верхний) снабжены шаровым приспособлением; средний имеет кроме масляного еще и водяное охлаждение.

Конструкция рабочих колес, сопел и проч. незначительно отличается от общепринятых форм.

Сальники имеют набивку из графитовых колес, которым обеспечена некоторая подвижность.

Регулирование при больших агрегатах предусматривается количественное (наполнением) и производится пружинным регулятором при помощи масляного сервомотора. Соответствующий рабочий поршень в цилиндре *A* (фиг. 847) при этом переставляет вертикальный стержень с зубчаткой *B* и поворачивает вал *C* с заклиненным на нем соответствующим образом кулачком. Этот последний при изменениях нагрузки подымает или опускает при помощи двухплечего рычага *D* снабженный пружиной мунштучный клапан *H*. Эти клапаны видны также и на фиг. 843 *E* справа, изображающей наружный вид турбины. При наступлении перегрузки часть поступающего за первым рабочим колесом пара через автоматически открывающийся клапан *E* направляется к соплам второй ступени давления.

Германская фирма ВКЭ строит турбины по системе Кэртиса только горизонтального типа.

Основной специальностью ВКЭ является электростроение; турбостроение же в виде новой отрасли введено сравнительно недавно и служит до известной степени побочным производством, способствующим более широкому распространению электрических генераторов.

Мы укажем два главных типа турбин ВКЭ, конструкции которых имеют некоторые особенности¹⁾.

Первый тип имеет две ступени давления по две ступени скорости в каждой и применяется для турбин мощностью до 1800 kW; второй тип снабжен колесом Кэртиса со следующими за ним несколькими чистыми ступенями давления и применяется для мощностей выше 1800 kW. Число оборотов обеих конструкций не превышает 3000 в минуту.

¹⁾ Строительницей этих турбин является и американская фирма General Electric Co.

Большая работа, проделанная фирмой над выработкой наиболее приемлемых технически и коммерчески основных положений производства турбин и связанных с ними генераторов, позволила ей увеличить мощность своих двухполюсных машин переменного тока для 50 периодов, которая доведена до 4 000—5 000 kWA. Более значительные мощности обслуживаются многополюсными генераторами с 1 000 и 1 500 оборотами в минуту. Генераторы постоянного тока обслуживаются многоступенчатыми турбинами с двумя-тремя степенями скорости в каждой ступени давления, мощностью до 1 500 kW при 900—400 оборотах.

Фирма строит также малые агрегаты, для которых турбины выполняются с одним рабочим колесом и с тремя-четырьмя степенями скорости.

Первый тип турбины ВКЭ, как это видно из фиг. 849, имеет два рабочих колеса (по две ступени скорости). Вал турбины жестко соединен с валом генератора и при точном уравнивании обеспечивает агрегату плавный ход.

Кожух турбины состоит из трех частей: двух крышек и промежуточной цилиндрической части. Задняя крышка статора T'' двумя лапами опирается на общую фундаментную плиту, окаймляясь внизу, в свободном выпускном штуцере. Отдельные части кожуха связаны между собой толстыми поперечными тягами.

Агрегат имеет три подшипника, из коих два принадлежат генератору, а третий центрально закреплен на передней камерной крышке T , в которой сидят также мундштуки высокого давления t . Соединенные в полное кольцо мундштуки низкого давления t' расположены сзади отверстий промежуточной крышки T' составляющей одно целое со средним цилиндром кожуха.

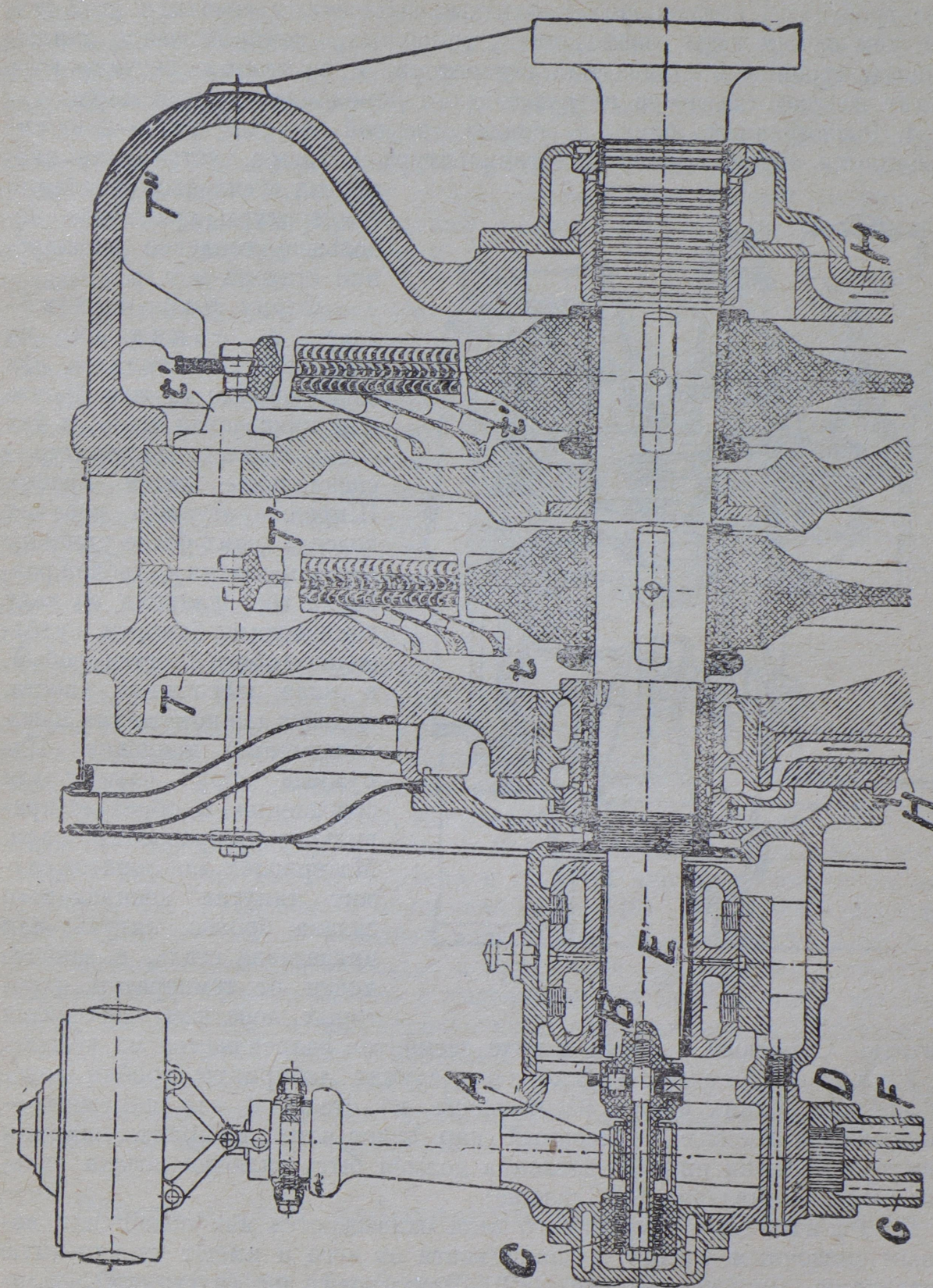
Обозначения на фиг. 849 показывают: A — приводный червяк регулятора и масляного насоса; B — предохранительный регулятор; C — опорная шейка передаточного вала к регулятору; D — масляный насос; E — напорное масло к подшипнику; F — напорная труба; G — всасывающая труба; H — набивочный (уплотняющий) пар.

В общем компактное, простое и удачное устройство турбины этого типа обладает рядом преимуществ, из коих следует отметить следующие.

1. При неожиданном случайном осмотре внутренних частей турбины (сопел, лопаток и т. д.) не требуется полной разборки соответствующих громоздких частей; например, осмотр сопел высокого давления возможен после снятия соответствующих впускных коробок, а осмотр сопел низкого давления производится через особые закрываемые отверстия по обеим сторонам части низкого давления кожуха.

2. Целесообразная форма паропроводных органов турбины в достаточной степени гарантирует устранение передачи теплоты этими частями.

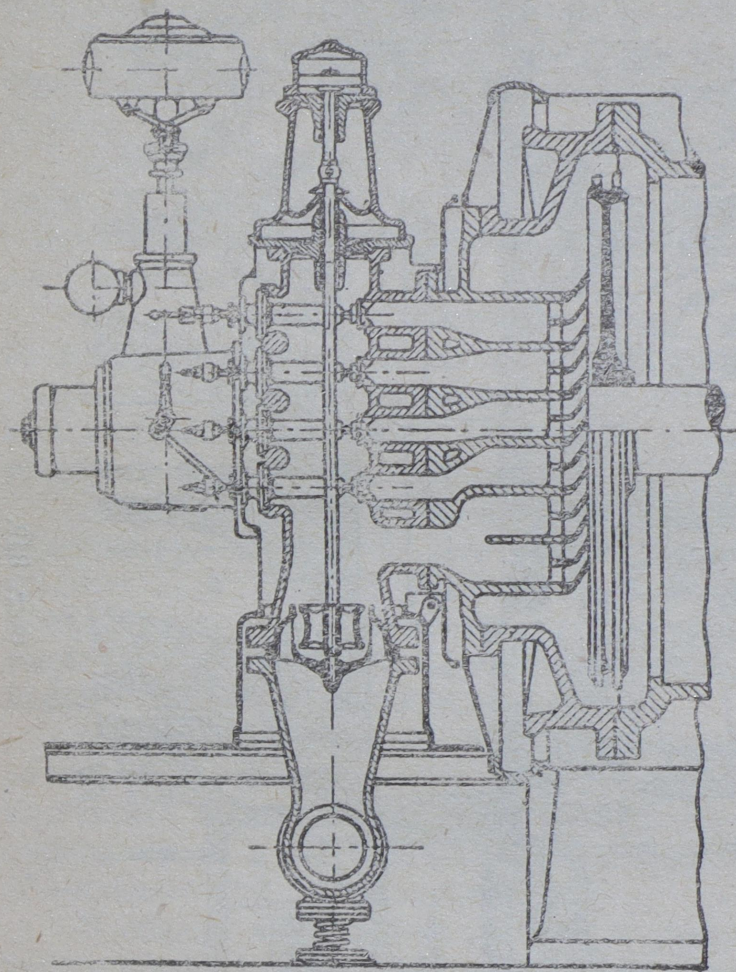
3. Комбинированием градиции давления и скорости достигаются незначительные числа оборотов, небольшие диаметры рабочих колес, равно как и небольшая строительная длина турбины. Частичный подвод пара к рабочему венцу в первой ступени, сохраняемый заводом, хотя и вызывает более значительные потери на вентиляцию, но за то позволяет



Фиг. 849.

не ограничивать себя в выборе радиальной длины лопаток и диаметра колес требуемым наименьшим проходным поперечным сечением этой ступени, тем самым имея возможность, во-первых, комбинировать данные элементы турбины с элементами генератора, и, во вторых, регулировать машину соответственно ее нагрузке путем изменения подвода пара.

4. Расширением пара в соплах первой ступени до $1-3 \text{ кг/см}^2$ сохраняются низкие давления и температура в камере, устранение внезапных и сильных колебаний температуры при пуске, небольшое тепловое расширение статора и т. п.



Фиг. 850.

Форму рабочих колес и сопел см. на фиг. 849. Материалом для сопел обычно служит бронза или никкелевая сталь, а для очень высоких температур — специальное литое железо. Широкие ступицы рабочих колес в целях более удобного центрирования и удобной разборки закрепляются на валу коническими буксами; в утолщенном ободе имеется особый, в виде ласточкина хвоста, желобок для помещения в нем лопаточных концовок. Наружный обруч служит для скрепления и образует правильное направление пара. Материалом для лопаток служит тянутая специального сплава бронза, латунь или никкелевая сталь, в зависимости от температур, в которых лопаткам приходится

работать. Обратные лопатки в виде сегментов закрепляются на кожухе.

Уплотнением сальников служат лабиринты, гребни которых для внутренних частей изготовлены из стали, а для наружных — из никкелевой бронзы. Набивочный пар течет через лабиринты снаружи во внутрь; сальник низкого давления должен быть включен позади сальника высокого давления (см. дальше).

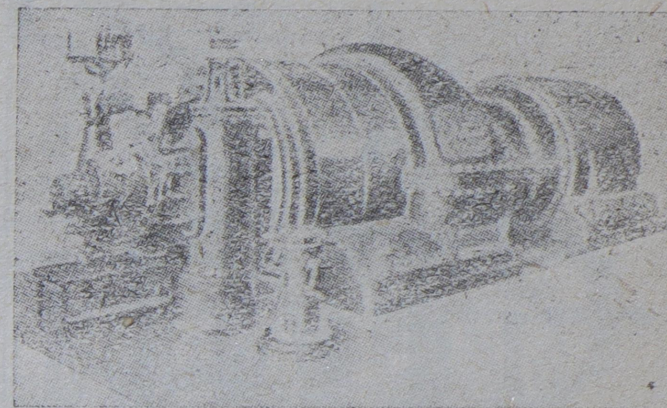
Подшипники турбинного вала охлаждаются или водой или напорным смазочным маслом, в зависимости от чего и имеют ту или иную конструкцию (см. дальше стр. 232). Вкладышей два (чугунных), заливаемых баббитом. Опора подшипника у передней крышки кожуха принимает на себя гребенчатую шейку, которая для возможности более легкой

замены изготавливается из отдельного куска вала, содержащего также и червяк для привода регулятора. От регуляторного вала приводится в движение зубчатокосный насос, подающий под напором масло к подшипникам и сервомотору (фиг. 901). Пуск турбины в ход сопровождается подачей масла ручным насосом, а в больших машинах — паровым.

Регулирование производится при посредстве пружинного регулятора, число оборотов которого может быть изменяемо от руки или с распределительной доски на $\pm 5\%$, который при помощи сервомотора приводит в движение дроссельный клапан. Это устройство подробнее объяснено в следующей главе и показано на фиг. 901.

При сильных колебаниях нагрузки, в целях более экономного расходования пара, могут быть от руки выключены или включены отдельные группы сопел, а именно: 3 000 оборотов — обыкновенно две, из которых одна закрывается при половинной нагрузке, а другая открывается при перегрузке, а в остальных случаях — четыре, как это показано на фиг. 850. Только в случаях частых и сильных колебаний нагрузки регулятор при помощи вспомогательного поршня сервомотора приводит в движение принудительную кулису, которая, в зависимости от данного положения, открывает или закрывает вентили, ведущие к отдельным соплам или их группам.

Второй тип турбины ВКЭ, выполняемый по принципу чистых ступеней давления с предвключенным колесом Кэртиса, показан на фиг. 851 только в общем виде, так как эта турбина в главных чертах имеет ту же конструкцию, как и только-что описанная (фиг. 849). Отличие в следующем. Кожух здесь состоит из передней неразъемной крышки разъемного в горизонтальной плоскости цилиндра с прилитыми выпускными штуцерами. Направляющие лопатки залиты в разъемные (из двух частей) чугунные кольца, закрепляемые в цилиндрических половинках кожуха и остающиеся на месте по удалении вала с колесами при разборке турбины. При небольших скоростях вращения турбин второго типа, кроме сальников с лабиринтовым уплотнением, применяются также сальники с разъемными графитовыми кольцами, смазываемыми паром.



Фиг. 851.

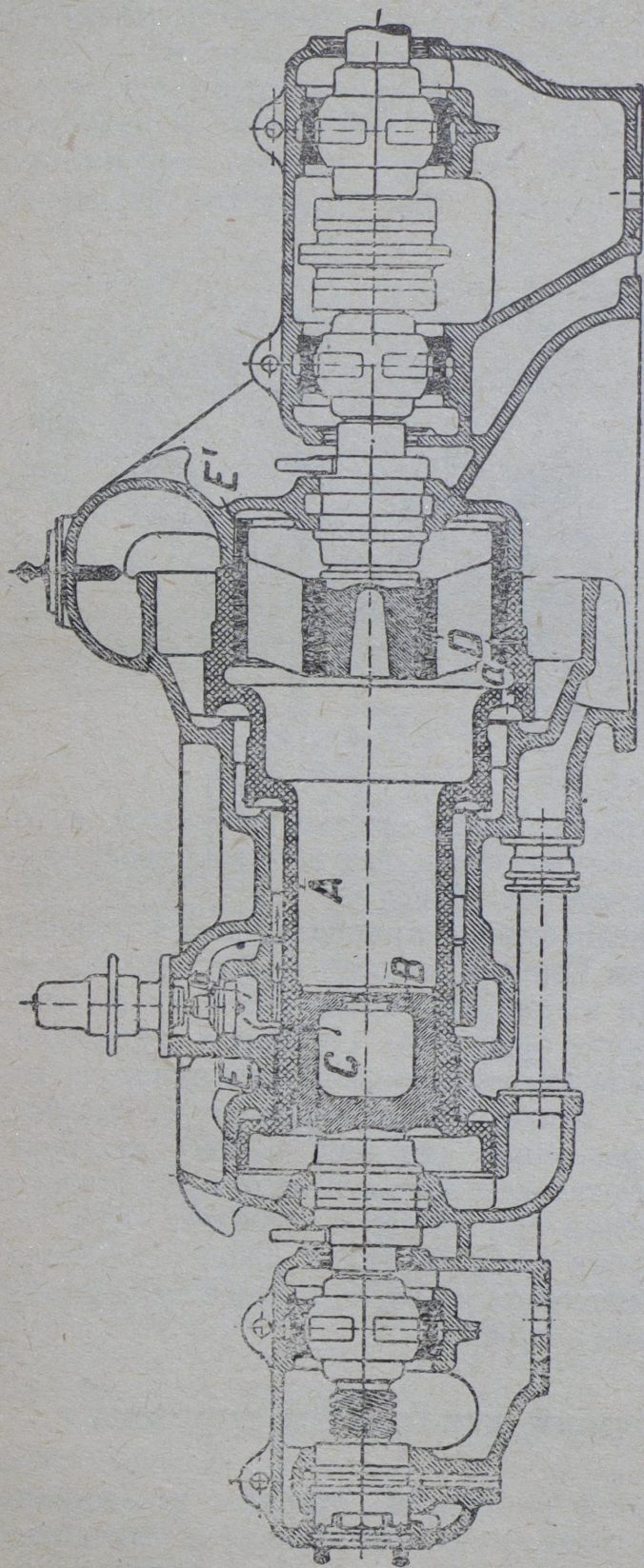
Реактивные (с избыточным давлением) турбины.

Заслуга постройки первой чистой реактивной турбины и введения паровой турбины в крупной промышленности принадлежит англичанину Е. А. Парсонсу, положившему на это дело много лет упорного труда.

Первая реактивная турбина была построена самим Парсонсом (на заводе E. A. Parsons Co, New-Kastl on Tyne). Энергия давления пара в чисто

реактивной турбине, конструкция которой всегда бывает многоступенчатой, превращается в энергию течения частью в направляющем, частью и в рабочем аппарате отдельных ступеней, так что пар расширяется в обоих этих элементах турбины, обуславливая с обеих сторон рабочих колес различное давление, называемое избытком давления в зазоре или реакцией зазора. Работа пара в турбине происходит, конечно, только в рабочих колесах, так как почти вся кинетическая энергия, развиваемая в промежуточных элементах турбины, в виде механической энергии передается лопаткам колес.

В смешанной активно-реактивной турбине преобразование кинетической энергии в механическую работу происходит различными путями. Энергия течения, вступившая в направляющие аппараты, переносится паром на лопатки непосредственно активным давлением, развиваемым в силу отклонения при прохождении пара по каналам рабочего колеса; что касается развития энергии в самих рабочих колесах, то здесь явление иное: пар отдает энергию путем обратного давления при выходе из каналов колеса вследствие полученного им

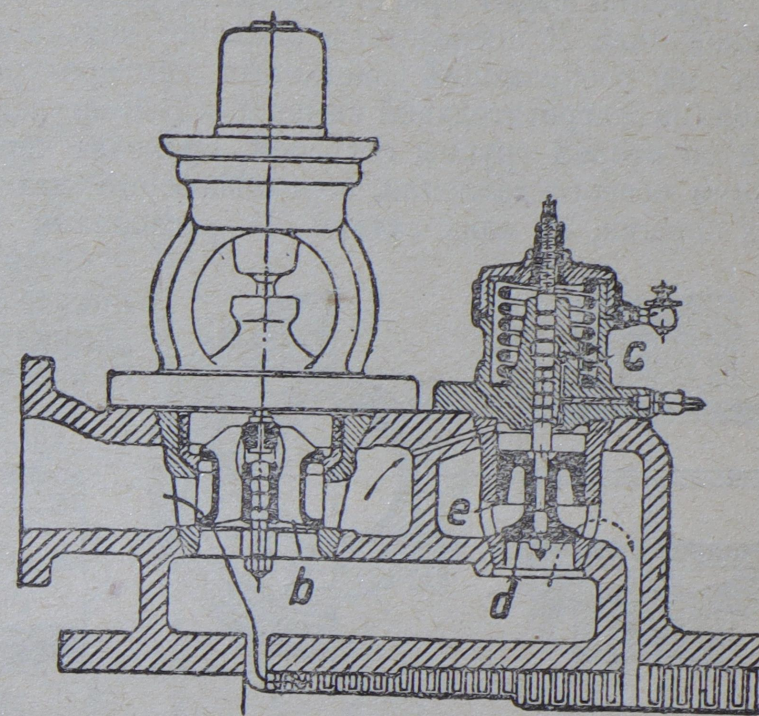


Фиг. 852.

здесь же ускорения, тем самым создавая действие реакции лопаток назад перед вытекающим паром.

Лопатки рабочего колеса реактивной турбины закреплены на общем барабане, диаметр которого различен и возрастает в форме уступов; месторасположение лопаток вверх. Лопатки направляющего колеса закреплены в кожухе. Лопатки направляющих колес имеют полный подвод пара, а вызываемое давлением в зазоре осевое давление уничтожается имеющимся уравнильным поршнем.

Преимущества реактивной турбины заключаются в возможности получения небольших скоростей пара, что достигается большим числом ступеней в зависимости потерям в зазорах. Незначительные скорости допускают целый ряд удобных следствий, как-то: низкие скорости на окружности; небольшие числа оборотов при выгодном отношении действительной скорости расширяющегося пара к периферической скорости колеса, откуда



Фиг. 853.

вытекает и высокая степень индикаторного коэффициента полезного действия; ограниченность потерь от трения; ограниченность изнашивания лопаток; полное отсутствие потери на вентиляцию при впуске всех ступеней.

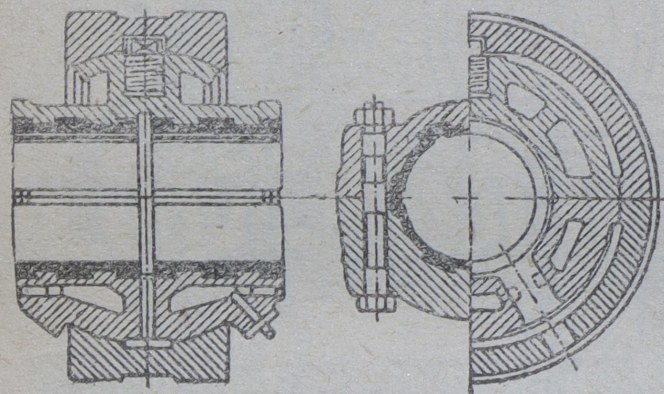
К недостаткам чисто реактивной системы нужно отнести прежде всего область высокого давления, благодаря чему даже при возможном ограничении диаметра барабана, в силу ряда причин, длина лопаток получается в большинстве небольшой; короткие же лопатки вызывают собою сравнительно большие потери в зазорах отдельных ступеней. Кроме того, потери происходят от неплотностей турбины в целом в лабиринтах уравнильного поршня и сальниках вала. Затем, сектор высокого давления, далеко не пропорционально доставляемой им части общей мощности, значительно увеличивает собой строительную длину турбины. Наконец, часть высокого давления ослабляет барабан именно в том самом месте, в котором он наиболее чувствителен к внезапным температурным изменениям, как, например, при пуске в ход турбины.

По изложенным соображениям системы турбин с чисто реактивным действием применяются в крупной промышленности, где требуются очень большие мощности с соответствующими количествами пара, а также и в торговом и военном флотах. В этих случаях реактивные турбины

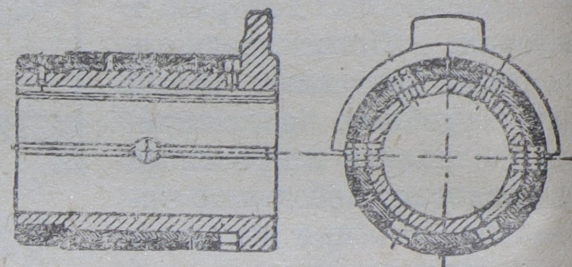
дают полную надежность работы с выгодным использованием пара даже при неполных нагрузках.

На фиг. 852 изображена типичная представительница турбины чисто реактивного принципа по патенту Парсонса, изготовления германского завода Броун, Бовери и Ко (в Маннгейме).

Турбина имеет трехступенчатый барабан *A*, соединенный с передней шейкой вала *B* посредством стяжного кольца и штыкового затвора; шейка вала, из соображений внезапных температурных переходов при пуске, снабжена нагревательной камерой *C*. Поступающий в барабан пар, идущий со второй группы ступеней, проходит через отверстия *a*. Поглощающими осевого давления, перемещающего вал являются два уравнильных поршня, из коих задний *D* расположен у конца барабана и здесь уплотнен от конденсатора в лабиринте *E'*; у переднего поршня лабиринты *E* производят уплотнение против поступающего свежего пара.



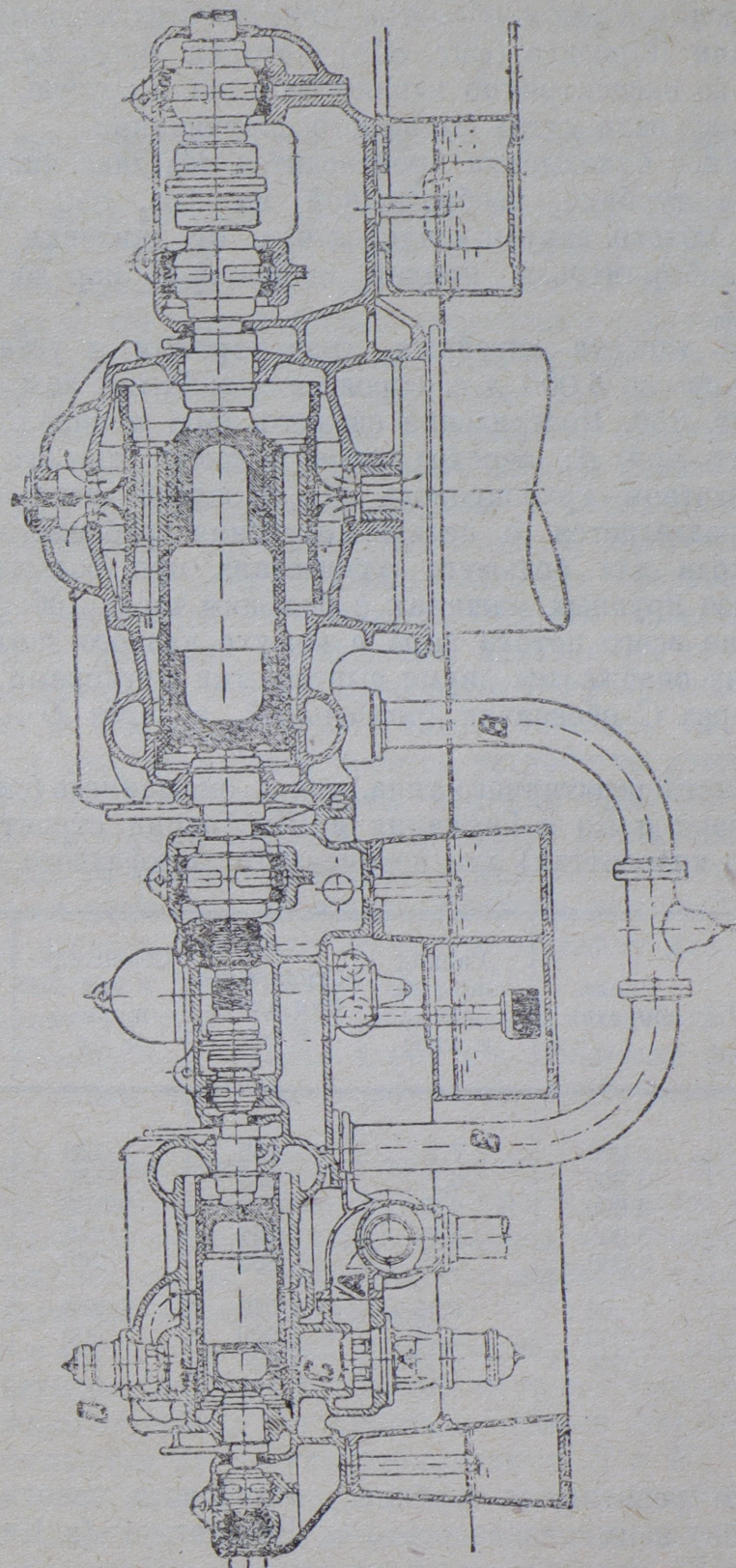
Фиг. 854.



Фиг. 855.

Регулирование производится регулятором, управляющим при помощи масляного сервомотора дроссельным клапаном *b*, независимо от чего имеется особый вспомогательный клапан, автоматически обводным путем направляющий свежий пар по направлению штриховой стрелки в более дальнюю ступень, тем самым увеличивая мощность следующих ступеней, хотя и при несколько меньшем, во всяком случае, коэффициенте полезного действия.

Этот вспомогательный клапан, вместе с дроссельным, для более наглядного представления изображен в увеличенном масштабе и с большими подробностями на фиг. 853. Пружина *c*, действующая на шпindelь клапана *d*, стремится открыть последний; над поршнем *e* клапана действует постоянное давление пара из котла, а над клапанной тарелкой действует давление пара перед первой ступенью. В том случае, когда давление над клапанной тарелкой возрастет настолько, что оно вместе с натяжением пружины будет превалировать над давлением свежего пара на поршень, как это имеет место при недостаточном притоке пара через дроссельный клапан *b*, т.-е. при перегрузке, то клапан *d* откроется. Во всех других случаях этот клапан остается закрытым под воздействием на него острого пара.



Фиг. 856.

Подшипники в турбинах с числом оборотов до 1 500 в минуту имеют круглые вкладыши с заливкой их баббитом (фиг. 854) для турбин, вращающихся с большим числом оборотов, применяются подшипники специальной конструкции Парсонса (фиг. 855), которая представляет собой ряд втулок, несколько эксцентрично вдвинутых одна в другую, допускающих точную установку вала путем взаимного скручивания.

Смазка и масляное охлаждение производится под давлением.

Сальники в турбине, изображенной на фиг. 852, уплотняют у переднего конца только вакуум-конденсатора от давления внешнего воздуха; набивка лабиринтовая, причем набивочный пар доставляется лабиринтом снаружи.

Из соображений удобств литейных, транспортных и установочных турбины мощностей свыше 5 000 л. с. строятся с двойными кожухами, как это показано на фиг. 856. Поступление свежего пара в кожух высокого давления происходит при *A*; переход пара в кожух низкого давления производится посредством трубопровода *B*. В задней части последнего струя пара снова разделяется с целью получения требуемого поперечного сечения прохода для большего разрежения при больших числах оборотов. В наиболее крупных машинах с большим числом оборотов производится разделение всего потока пара в кожухе низкого давления, который в этом случае снабжается двумя выпускными штуцерами для отработавшего пара. Через *C* обозначен дроссельный, а через *D* — вспомогательный клапаны.

Турбины как чисто реактивного типа, так и смешанного (см. дальше), заводом Броун, Бовери и Ко в Германии и Швейцарии строятся следующих мощностей (в киловаттах) для переменного трехфазного тока:

Тип турбины	Киловатты	Число оборотов	Расход пара на 1 кв/час в кг ¹⁾	Строительная длина в см	Строительная ширина в см	Строительная высота в см
Смешанный	250	3 000	7,7	685	130	170
	500	3 000	6,7	650	130	180
	1 000	3 000	6,2	710	160	200
	2 000	3 000	5,7	760	240	210
	3 000	3 000	5,6	800	260	210
Реактивный	5 000	1 500	5,45	1 040	280	270
	7 500	1 500	5,35	1 600	400	330
	10 000	1 500	5,25	1 730	470	370
	и выше.					

Известны также реактивные турбины английского завода Уилланс и Робинзон (в Рюгби) и американского о-ва Вестингауз (в Питтсбурге).

¹⁾ При давлении 13 кг/см², температура 350° С; охлаждающая вода 10° С.

строющих крупные модели по патентам Парсонса с некоторым изменением отдельных деталей. Значительного отличия от только-что описанной турбины Броун, Бовери и Ко они не представляют и останавливаться на них мы не будем.

Смешанные турбины (активно-реактивные).

Обычно часть высокого давления смешанных турбин состоит из одного колеса Кэртиса с двумя или тремя ступенями скорости; в старых конструкциях эта часть состояла из многоступенчатой чистой активной турбины, чем на много увеличивалась строительная длина машины и, следовательно, повышалась не только заводская стоимость ее, но и увеличивались затраты на монтажно-строительные работы. Кроме того, комбинацией применения колеса Кэртиса устраняются органические недостатки, свойственные части высокого давления чистой реактивной турбины; так, здесь отпадают неудобства, сопряженные с необходимостью применения в турбине последнего типа коротких лопаток, наличие которых вызывает большие потери в зазорах, а также оказывает вредное влияние на часть струи пара, омывающей их; затем, достигается известная нейтральность части высокого давления к внезапным изменениям температуры.

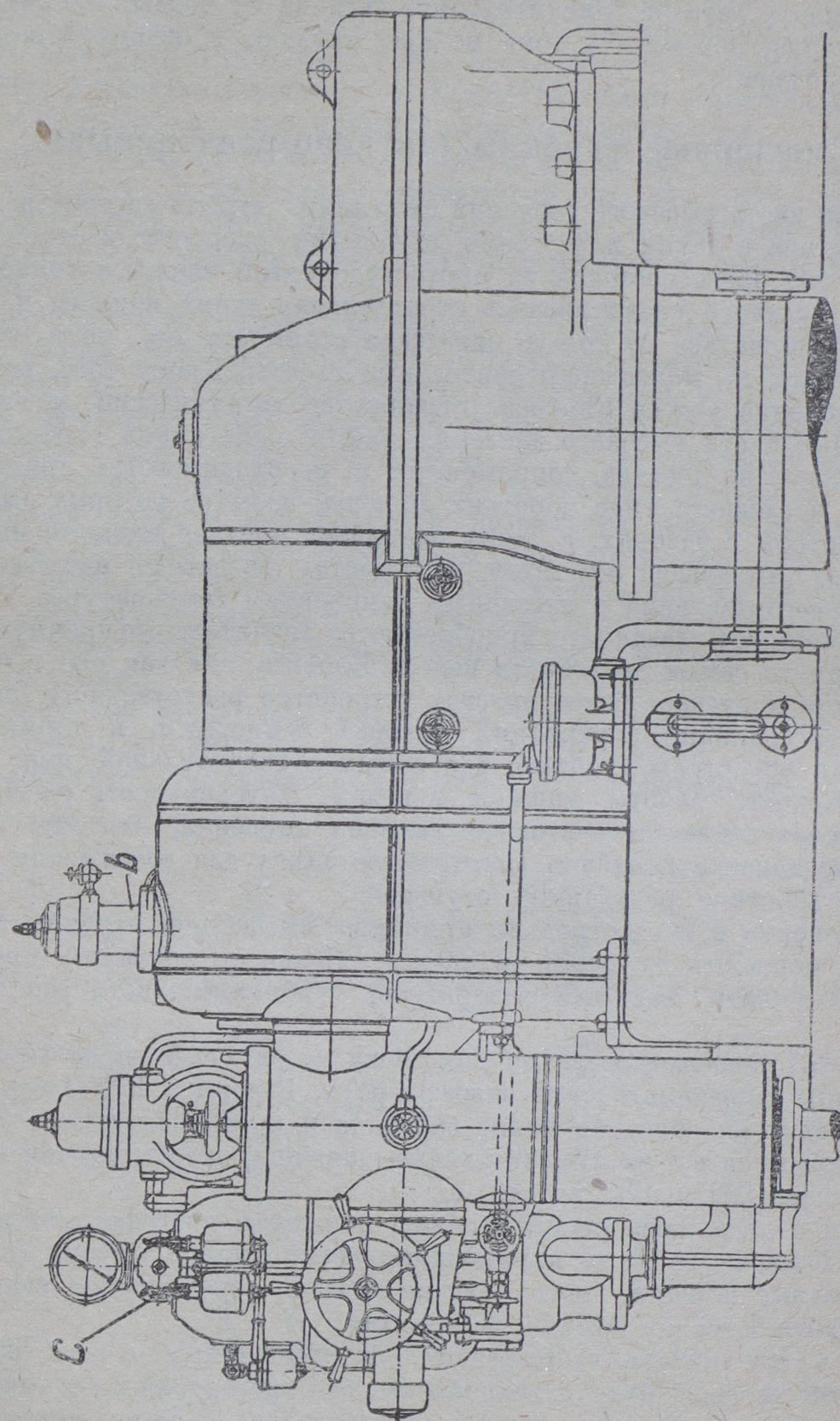
Независимо от сказанного, приобретаются значительные преимущества, вытекающие из самих достоинств колеса Кэртиса, так как оно с частичным впуском допускает более простое устройство разгрузочного поршня, нейтрализует влияние внутренних высоких температур и термических воздействий на органы турбины, тем самым в значительной мере повышая безопасность работы машины в целом. Интенсивность расширения пара в соплах достигает настолько высоких степеней, что уже первые реактивные лопатки получают достаточную длину для достижения благоприятного действия реактивных ступеней.

Применение в турбостроении принципа смешанной турбины простирается на мощность до 5 000—6 000 кв. Большие мощности предпочитают обслуживать, как уже говорилось, турбинами чисто реактивного типа.

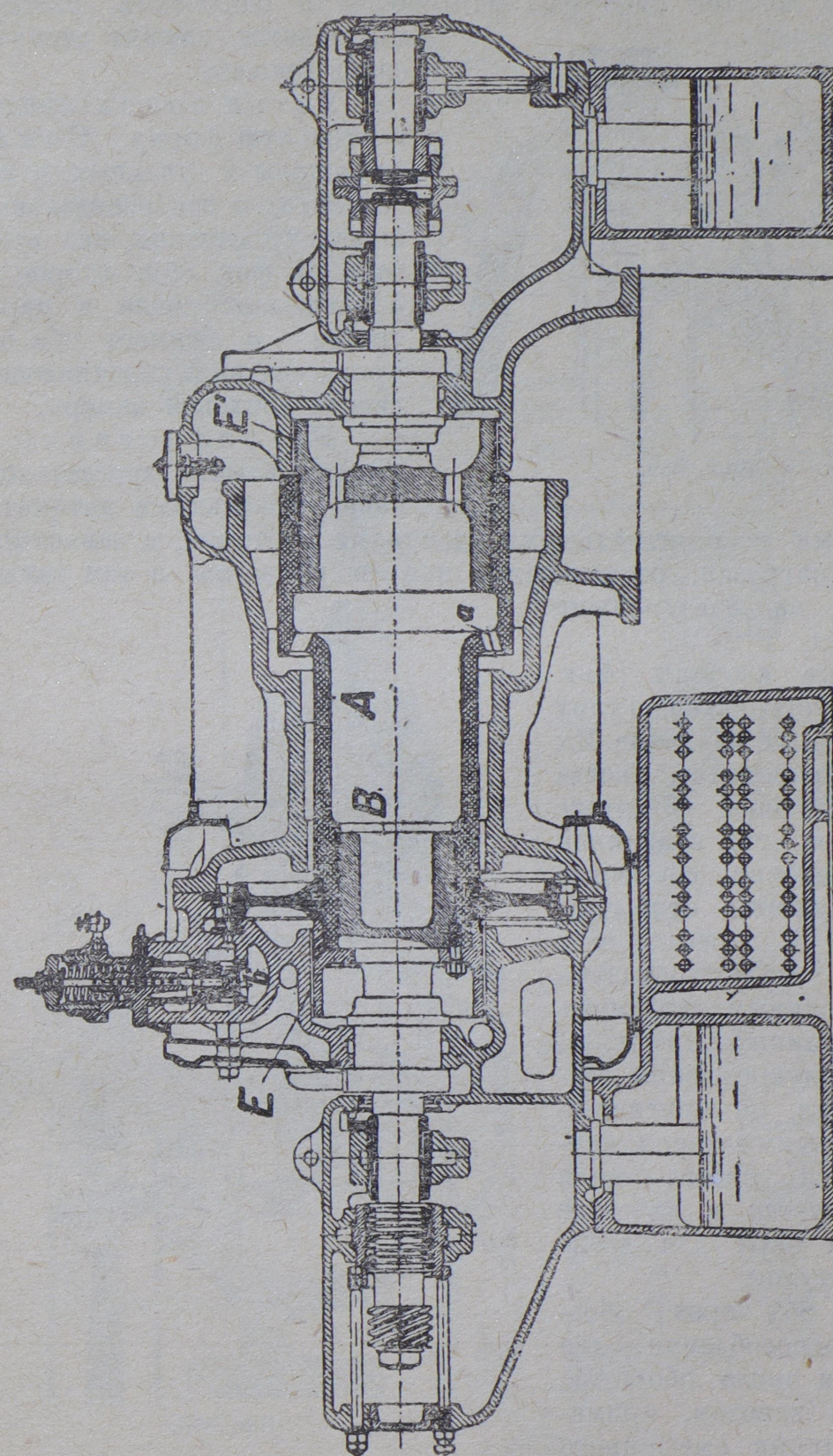
Фиг. 857 показывает общий вид сбоку, а фиг. 858 — продольный разрез турбины смешанного типа завода Броун, Бовери и Ко. Здесь колесо Кэртиса сидит на переднем конце барабана и предохраняется от смещения находящимся тут же уравнильным поршнем, охватывающим барабан передней насадкой в виде вкладыша.

Как и в чисто реактивной турбине, пар также поступает через отверстия *a* в барабан *A* после прохождения через вторую группу ступеней. Уравнильные поршни, поглощающие осевое перемещение реактивной части, уплотняются от кожуха лабиринтами *E* и *E'*.

Лопатки колеса удерживаются в выточенных в нем желобках посредством хвостов, будучи закреплены на определенных взаимных расстояниях при помощи соответствующих закладок. В месте расположения вставляемой снаружи последней промежуточной закладки, венец в желобке радиально просверлен для возможности вставки хвоста этой закладки

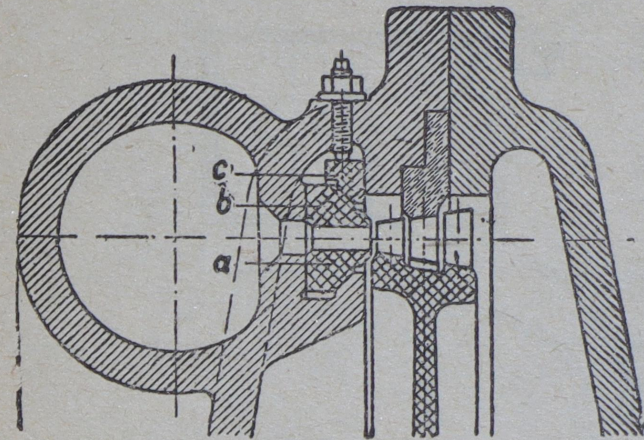


Фиг. 857.



Фиг. 858.

через просверленное отверстие и приклепаны его у внутреннего конца. Обе системы лопаток снабжены замыкающими бандажами. Материалом для лопаток служит специальный сплав бронзы.



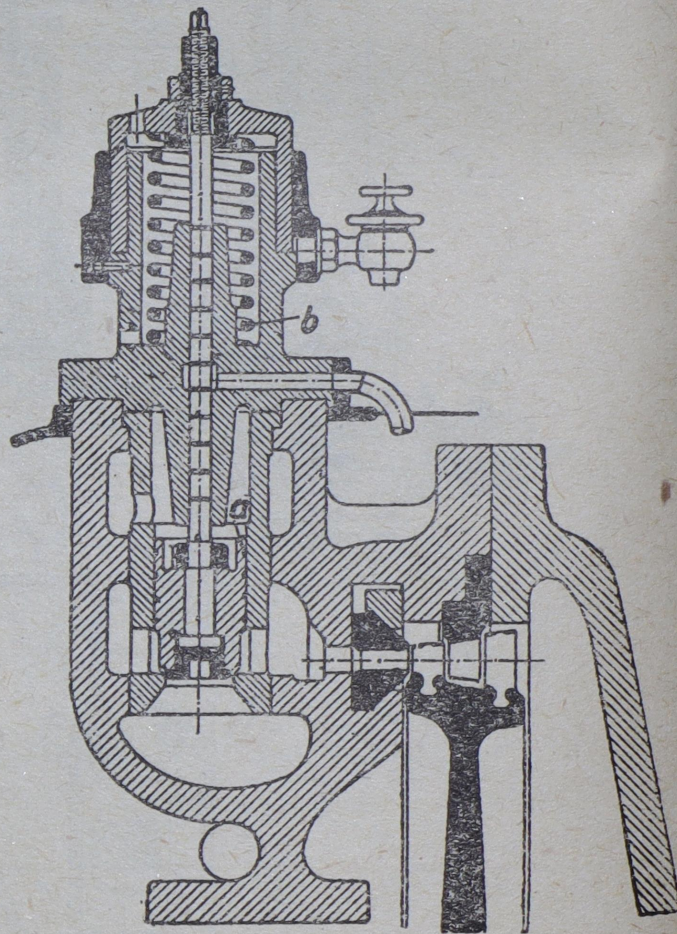
Фиг. 859.

действующими вспомогательными клапанами, которые, в зависимости от изменения нагрузки, открываются или закрываются и тем самым воздействуют на дальнейшие группы сопел.

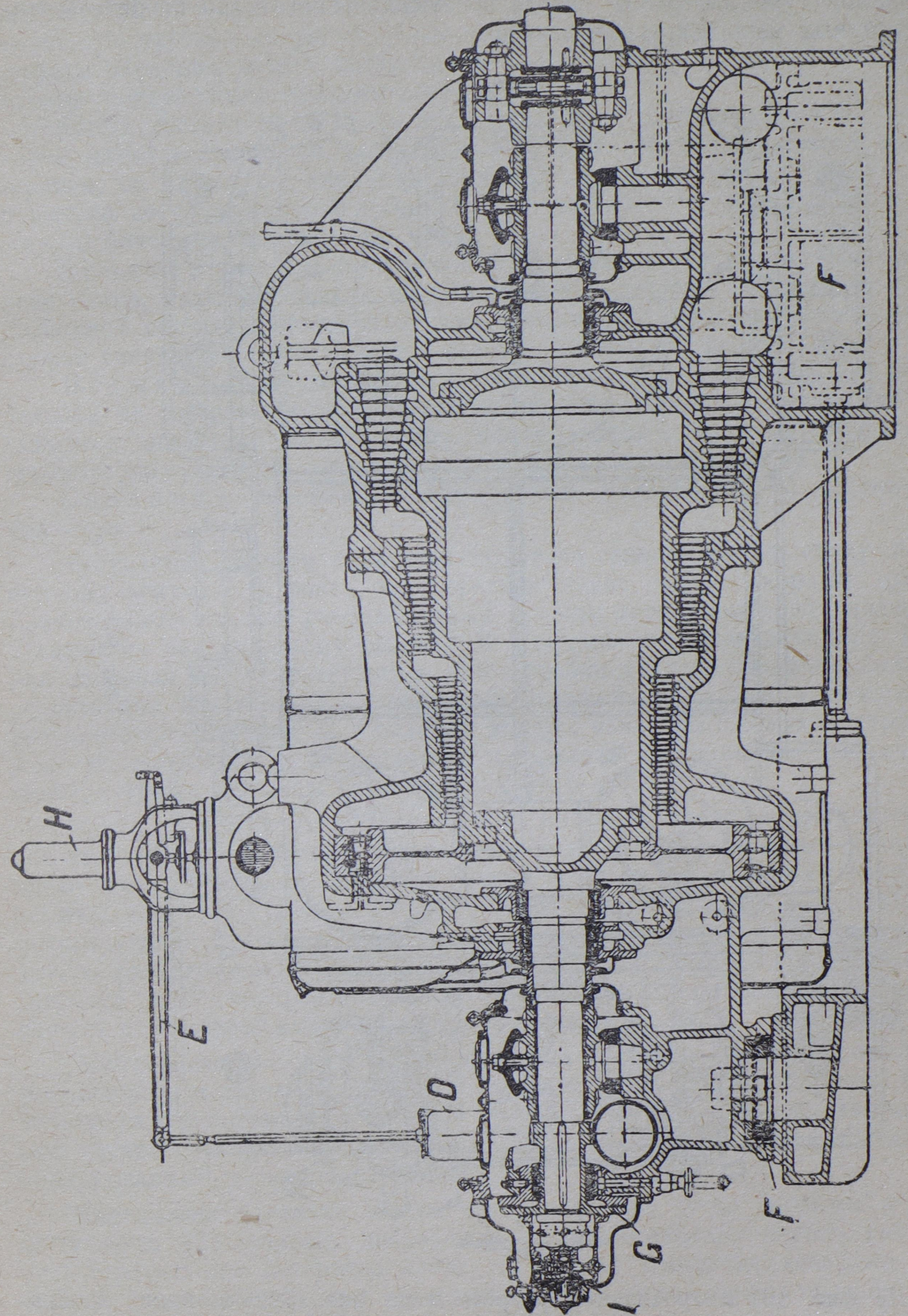
Обводные клапаны (фиг. 860) имеют устройство по типу вспомогательных клапанов. Их открытие происходит, когда при возрастающей нагрузке существующее под клапанной тарелкой давление, совместно с содействующим открытию натяжением *b*, преодолевает запирающую силу, образуемую постоянным давлением пара на клапанный поршень *a*. В целях предупреждения заедания поршня, он пригнан с соответствующим зазором; просачивающийся сквозь щели пар используется в качестве набивочного пара для лабиринтовых втулок.

На фиг. 857 через *C* обозначено приспособление для перестановки числа оборотов.

Первым заводом, применившим принцип смешанного турбостроения с колесом Кэртиса в части высокого давления, был германский завод бр. Зульцер в Винтертуре. Первоначальная конструкция

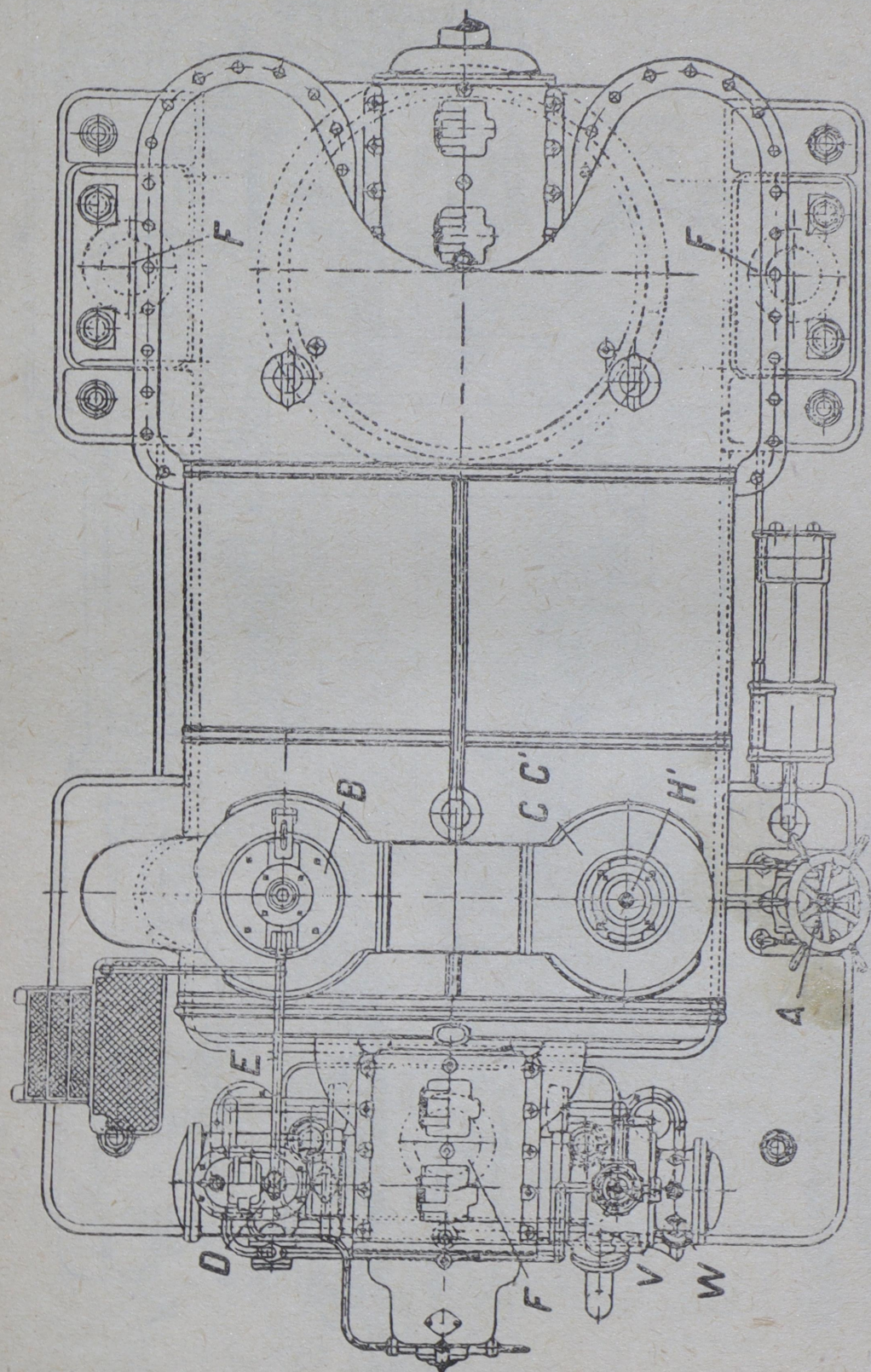


Фиг. 860.



Фиг. 861.

смешанной турбины этого завода послужила основой для строительства аналогичных машин другими заводами.



Фиг. 862.

На фиг. 861 в продольном разрезе и на фиг. 862 в плане изображена смешанная турбина бр. Зульцер, мощностью в 2000 *kW*. Здесь

реактивный барабан снабжен тремя группами лопаток, а колесо Кэртиса имеет три ступени скорости. Колесо винтами прикреплено к торцовой стороне барабана, а этот последний тем же способом соединен со звездчатыми внутренними концами обеих шеек вала.

Кожух состоит из двух частей с разъемом в горизонтальной плоскости; одной стороной он примыкает к конденсаторному штуцеру и таким образом, он может, под влиянием термических воздействий, свободно перемещаться по фундаментной плите, будучи прикреплен к ней в трех местах, отмеченных на фиг. 861 и 862 через *F*.

Лопатки закрепляются в пазах, вырезанных в спинке запущенного конца, находящегося на опоре вогнутой стороны соответствующей распорной закладки. Материалом для лопаток при высоких температурах служит специальная сталь, а при низких — особый сплав бронзы.

Подшипники смазываются охлажденным напорным маслом, вступающим по середине и покидающим подшипник с обеих сторон. Для поглощения осевого сдвига служит монтированный на свободном конце турбины нагруженный давлением масла разгрузочный диск *G*.

Сальники снабжены лабиринтовым уплотнением с латунными кольцами.

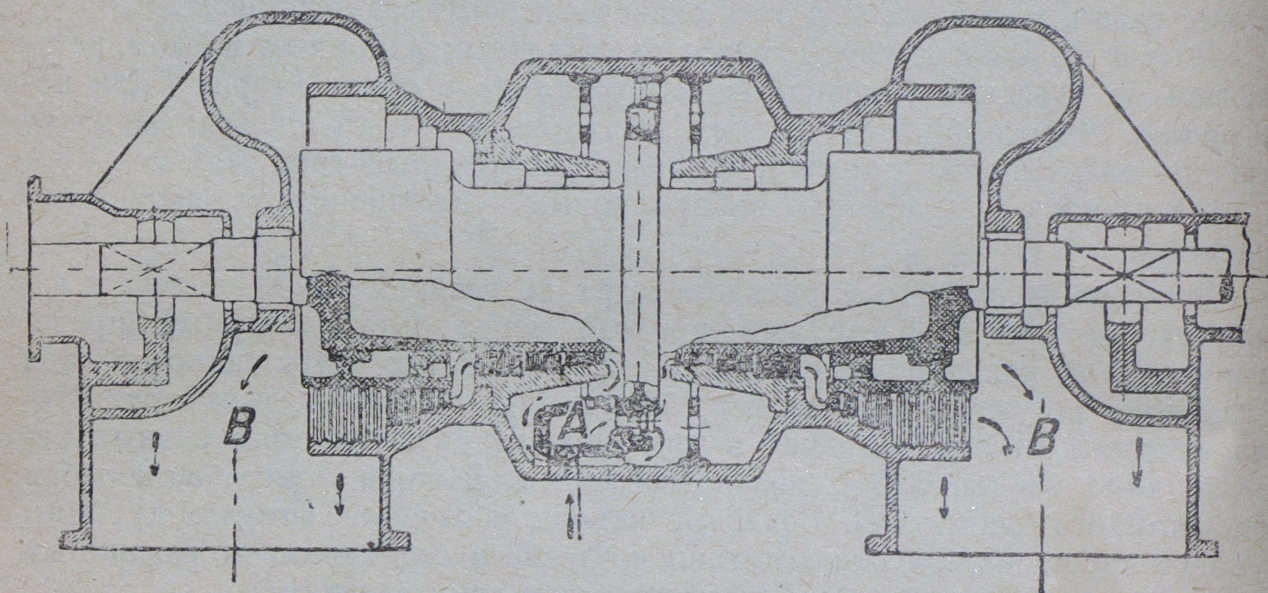
Вступление свежего пара происходит по главной трубе снизу к запорному вентилю *A*, после чего, проходя через быстрозакпорный предохранительный клапан, расположенный тут же, поток пара направляется к главному регуляторному клапану *B* и оттуда — в сопловую камеру. Вторая сопловая камера содержит в себе коробки двух вспомогательных перегрузочных клапанов *CC'*, получающих свежий пар по отводу из коробки регуляторного клапана *B*. Сопловые камеры сблечены с кожухом турбины и могут перемещаться относительно последнего под влиянием различных температурных режимов, свойственных этим двум деталям.

Регулирование достигается не центробежным регулятором, как это обычно принято, а крыльчатым колесом, доставляющим напорное масло сервомотору *D*; давление масла зависит от величины нагрузки и числа оборотов турбины. Сервомотор посредством рычагов *E* приводит регулирующий клапан *B*. При верхнем положении этого последнего, помощью расположенного в *H* нагнетательного масляного поршня и находящегося в *H'* распределительного механизма последовательно открываются отмеченные выше перегрузочные клапаны *CC'*.

Монтированный на свободном конце турбины предохранительный регулятор *I*, в случае превышения определенного числа оборотов, автоматически опоражнивает масляный трубопровод и тем самым закрывает как главный регуляторный клапан *B*, так и быстрозакпорный клапан, монтированный у запорного вентиля *A*.

Надлежащее давление масла, требуемое при пуске машины в ход, достигается при помощи небольшого вспомогательного насоса, так что пуск турбины без напорного масла, даже при открытом запорном вентиле *A*, невозможен, а при недостаточном давлении масла — машина останавливается сама собою.

Система питания напорным маслом турбины Зульцер весьма совершенна и интересна, почему стоит остановиться на ней несколько подробнее. Для смазывания подшипников, органов регулирования, паро-перестановочного управления скоростями, действующего на предохранительный регулятор и парализующего продольный сдвиг реактивного барабана, имеются два масляных насоса *V* и *W*, приводимые в движение поперечным валом у свободного конца турбины. Задача меньшего насоса *W* только подводить масло к разгрузочному диску *G*; больший насос *V* обслуживает все остальные приспособления, питая их маслом под давлением около $1,5 \text{ кг/см}^2$. Стекающее с насосов масло собирается в установленный под машиной сборник, фильтруется и затем в охлажденном состоянии снова направляется к насосам.



Фиг. 863.

Фундаментная плита, почти всегда служащая в других конструкциях и резервуаром для сборки стекающего масла, в турбинах Зульцера представляет собой совершенно самостоятельное назначение. Затем, из соображений более тесной связи плиты с фундаментом, она отлита особой угловой формы.

На фиг. 863 представлена в продольном разрезе смешанная турбина американского завода Вестингауз (в Питтсбурге) с двойной реактивной частью, каковая конструкция применяется заводом для весьма крупных мощностей, где реактивные лопатки путем деления не выходят слишком малыми.

Двухступенчатое колесо Кэртиса помещено между обоими ступенчатыми барабанами. Поступление свежего пара происходит в монтированную в самом кожухе турбины сопловую камеру *A*, откуда пар сначала проходит обе ступени скорости колеса Кэртиса, а затем разделяется на две струи, из коих каждая впускается в один из двух реактивных барабанов. Противоположное друг другу расположение этих барабанов уравнивает их осевой сдвиг, хотя подобная конструкция и увеличивает

до известной степени строительную длину машины в целом. Направлением стрелок в месте выпуска *B* указывают путь пара к конденсатору.

Несмотря на присутствие сопловой камеры *A* в кожухе, последний подвергается действию сравнительно низкой температуры.

Остановимся, в заключение главы, еще на одной, более или менее оригинальной, конструкции смешанной турбины системы Эйермана, выполнения германского завода б. Свицерский (в Лейпциге).

Турбина эта изображена на фиг. 864. Здесь лопатки расположены кольцеобразно по одной стороне диска *A*. Внутренние группы лопаток работают с одинаковым давлением, причем поступающий в сопловые камеры *B* пар после расширения в соплах *b* до $1-2 \text{ кг/см}^2$ проходит сначала ступени скорости с полным впуском, внутренние лопатки которых сидят во внутренней крышке *C*; остальные пять рядов лопаток представляют собой реактивные ступени, имеющие свои направляющие лопатки в диске наружной крышки *C'*.

Уравновешивание давления, производимого паром на переднюю сторону диска *A*, достигается направлением части поступающего из сопла пара через зазор дроссельного кольца *D* и через отверстия *E* диска на противоположной его стороне, откуда он по лабиринтам *F* стекает к наружной окружности и дальше в выпускную трубу.

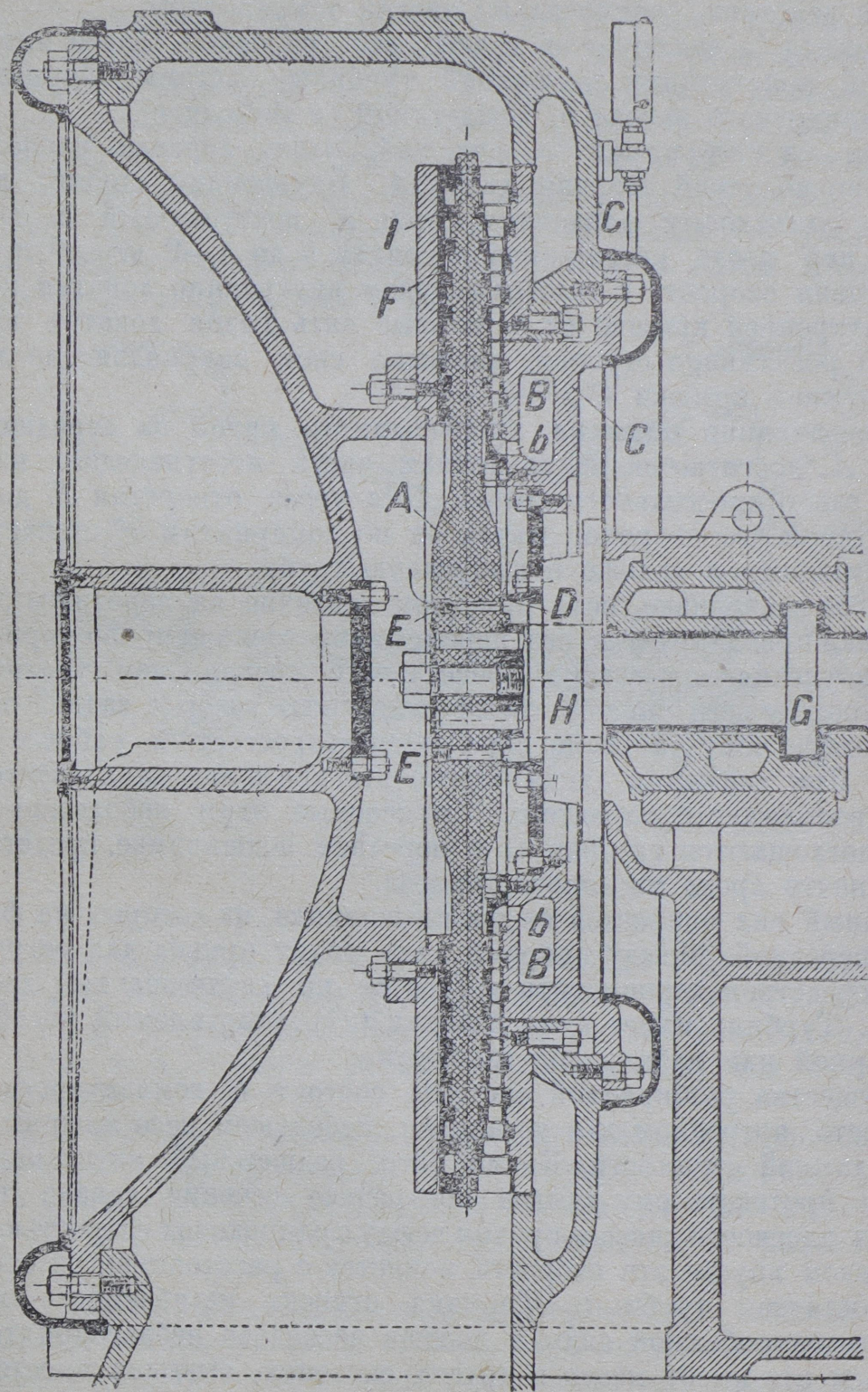
В том случае, однако, если при этом давление на переднюю сторону диска все-таки превалирует и его перемещение слева направо тормозится, прибегают к увеличению зазора дроссельного кольца, чем увеличивают количество проходящего пара, а также уменьшают зазор с задней стороны диска, благодаря чему давление пара здесь возрастает и рабочее колесо идет назад. При движении диска вправо это движение парализуется мерами противоположного характера. Вызываемые этим небольшие осевые колебания поглощаются гребнем *G* в переднем подшипнике, представляющем собой нечто вроде масляного тормоза.

Турбинный вал опирается на два подшипника, из которых на фиг. 864 изображен передний. Между опорами вала сидит привод для регулятора, который посредством сервомотора действует на двухседельный дроссельный клапан. Турбина имеет один сальник (*H*), уплотняемый водой в качестве запорной или набивочной жидкости.

Преимущества разбираемой системы состоят в компактности, в небольшом месте, потребном для установки, небольшом весе машины и умеренной продажной стоимости. Кроме того, радиальный впуск пара дает возможность протекать ему каждое поперечное сечение канала перпендикулярно к плоскости диска и притом всюду с одинаковой скоростью, тогда как при осевом впуске эта скорость меняется с расстоянием от оси вала.

К недостаткам турбины Эйермана относят изгибаемость лопаток от действия центробежной силы и вообще несколько неблагоприятную их нагрузку, чем это имеет место в других системах, вызывая вместе с тем изгибающий момент в диске. Некоторое ослабление отмеченных недостатков достигается тем, что поперечное сечение каналов в каждой ступени быстро возрастает, благодаря чему наружные лопатки, наиболее неблагоприятно нагруженные, не получают чрезмерно большой длины. Для устра-

нения развития изгибающего момента на диск, предусмотрены действующие в качестве противовесов закрепительные кольца *I* лабиринта с задней стороны диска. Несмотря на все эти меры, требование безукориз-



Фиг. 864

ненного выполнения отдельных частей, равно как и тщательной заводской сборки и монтажа на месте установки, должно предъявляться к этим турбинам с особой строгостью.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

Турбины для отработавшего пара и с отбором пара для нагревательных целей.

Общее замечание о турбинах низкого давления и комбинированных для низкого и высокого давлений.— Конструктивное выполнение турбин низкого давления.— Конструктивное выполнение турбин двойного давления.— Тепловые и паровые аккумуляторы.— Общие указания в отношении использования теплоты турбин с отдачей нагревочного пара.— Турбины с противодавлением.— Турбины с отбором пара.

Общее замечание о турбинах низкого давления и комбинированных для низкого и высокого давлений.

Чистые турбины низкого давления находят себе применение главным образом там, где имеются в распоряжении неиспользованные большие количества пара низкого давления, незадолго перед этим очень мало отработавшие. Как на пример можно указать на отработавший пар всех паровых механизмов, работающих без конденсации (прокатные станы, рудничные подъемные машины, паровые молоты и т. п.) Отработавшие пары этих механизмов еще содержат очень большие количества тепловой энергии. Польгаузен дает следующие подсчеты для поршневых паровых машин, выпускающих пар с давлением около $1,1 \text{ кг/см}^2$ абс. Если насыщенный пар адиабатически расширится от этого давления до $0,05 \text{ кг/см}^2$, то на каждый кг пара выделится около 105 единиц тепла, т.-е. почти столько же, сколько получилось бы от расширения перегретого пара давлением в 12 кг/см^2 и температурой в 300°C при подобном же его расширении до $1,1 \text{ кг/см}^2$, так как в этом случае имеются в распоряжении на каждый килограмм 117 единиц теплоты. Что касается степени экономичности подобных турбин при пользовании отработавшим паром, то практика вполне подтвердила целесообразность такого использования; себестоимость силовой энергии при рациональной установке весьма умеренна. В одном случае при мощности турбины в 500 kw с расходом пара в $16,3 \text{ кг/квт/час}$ при абс. давлении в $1,2 \text{ кг/см}^2$ и при рабочем времени 150 дней в году по 8 часов с полной нагрузкой и 150 дней

по 8 часов с $\frac{3}{4}$ нагрузкой, эта себестоимость не превысила 1,64 коп. за один kw/час при общем количестве выработанной электрической энергии $\cong 1\,608\,000$ kw/час.

Во всех тех случаях, когда работа первичных паровых машин происходит весьма неравномерно, как это имеет место в вышеотмеченных механизмах, в которых неизбежны перерывы в работе и сильные колебания нагрузки, между первичной установкой и турбиной устраивается особый паровой или тепловой аккумулятор (сборник), в присутствии которого возможна непрерывная работа турбины под возможным равномерным давлением, чем устраняется также повышенное противодействие в первичной машине.

Избежать парового или теплового аккумулятора можно при том условии, если в периоды паровой депрессии первичной установки подавать непосредственно в турбину дросселированный свежий пар, но подобная структура всей установки в целом сопряжена с большими потерями в работе.

Однако, в редких случаях удастся совершенно избежать добавления свежего пара в турбину даже при наличии парового аккумулятора. В силу этой причины турбины низкого давления для отработавшего пара строятся двух основных систем: 1) в виде чистой турбины для отработавшего пара, при которой добавление свежего пара производится через аккумулятор, причем турбины подобного типа применяются в тех случаях, когда ожидать частого добавления свежего пара не приходится; 2) в виде комбинированной турбины двойного давления, в которой одна часть (высокого давления) устроена для питания ее свежим паром, а другая часть (низкого давления) — отработавшим, причем подобная турбина применяется в производствах, где по характеру работы первичного парового механизма приходится ожидать частого добавления в турбину свежего пара. В комбинированной турбине питание производится таким образом: когда отработавшего пара первичной установки достаточно, работает часть низкого давления, а часть высокого давления идет вхолостую; когда же его нехватает — производится автоматическое переключение на работу второй части высокого давления, питаемой непосредственно из котла.

Подобные установки турбин выполняются как для новых оборудований, так и для старых в целях повышения их производительности.

Для случая повышения мощности существующей установки поршневой паровой машины без конденсации путем добавления к ней турбины низкого давления это увеличение обычно составляет при соответствующем оборудовании от 75 до 100%, а увеличение экономичности, выраженное в процентах расхода пара, обычно достигает от 30 до 50%. Так, например, если одна или несколько поршневых машин развивают 500 л. с., то комбинированная установка из этих машин и турбины может дать до 1 000 л. с.; если при работе машины без конденсации расход пара составляет, скажем, 10 кг/л. с. в час, то комбинированная установка может потреблять только 5 кг/л. с. в час.

При этом следует иметь в виду, что первоначальная стоимость турбины низкого давления незначительна сравнительно со стоимостью добавочной машины высокого давления с соответствующим расширением котельного оборудования на ту же добавочную мощность.

Необходимо отметить, что турбины низкого давления как в чистом виде, так и в части низкого давления в смешанных системах, всегда работают с конденсацией выпускаемого пара.

Чистые турбины для отработавшего пара по своей конструкции мало отличаются от турбин высокого давления и в большинстве случаев в них отсутствует лишь предназначенная для свежего пара часть высокого давления. Таким образом, чистыми турбинами для отработавшего пара могут быть как чистые многоступенчатые активные турбины с соответствующим низким давлению отработавшего пара небольшим числом ступеней, так и чистые реактивные турбины, причем последние могут быть признаны особенно выгодно работающими вследствие отсутствия части высокого давления и больших объемов пара. На практике чистые турбины низкого давления обычно встречаются или реактивные с разделенным протоком пара, или активные типа Целли, но на ряду с этим встречаются иногда турбины реактивного типа с ординарным протоком. Частое применение реактивной турбины с разделенным протоком вызывается большим объемом пара, с которым приходится иметь дело при низком давлении его.

Конструктивное выполнение турбин низкого давления.

На фиг. 865 и 866 изображена четырехступенчатая турбина Целли для отработавшего пара, выполненная по активному принципу, мощностью в 2 900 л. с. при 3 000 оборотах в минуту.

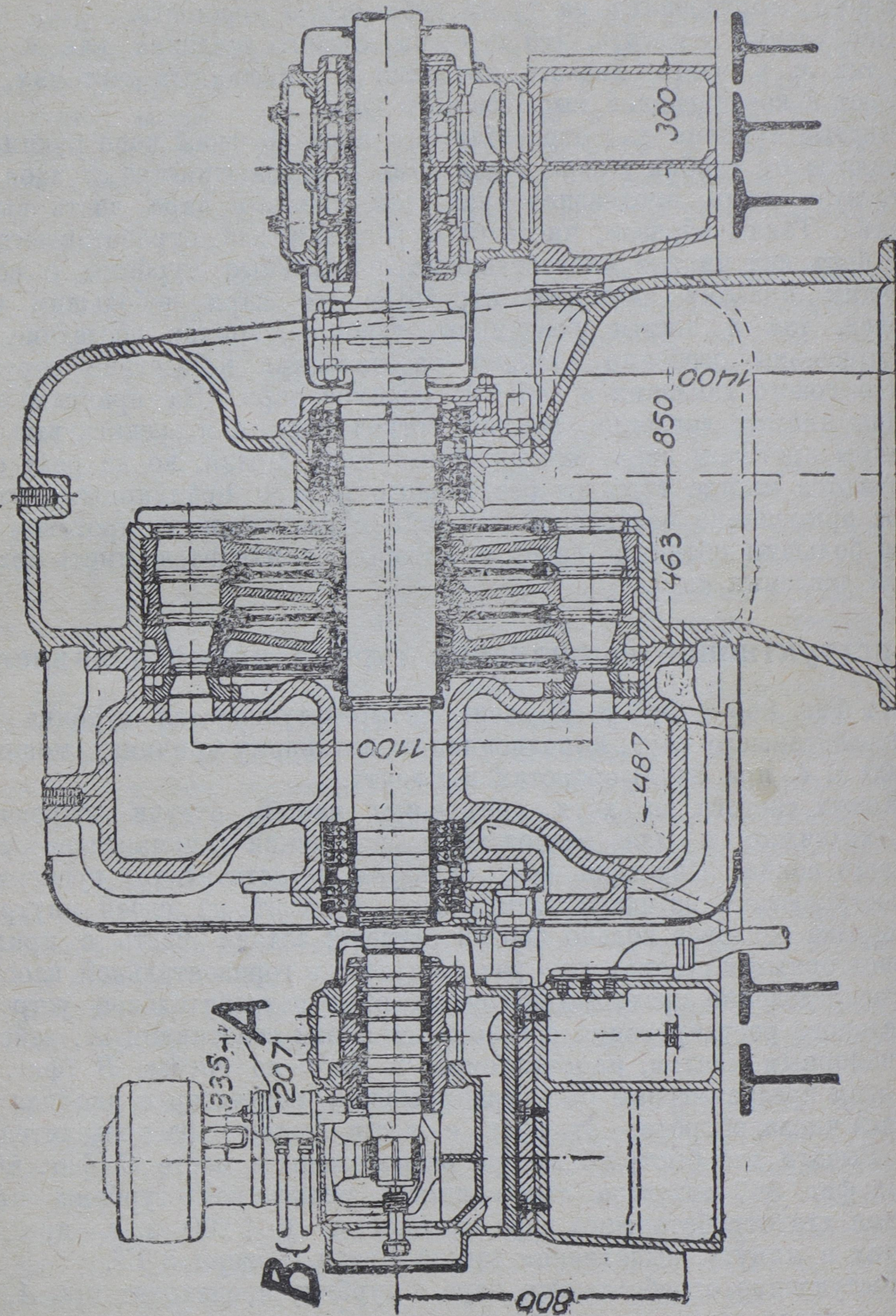
Кожух состоит из двух продольных частей, будучи закреплен на раме подвижно и для возможности удлинения — прикреплен только у заднего конца. Передняя часть образует поглотительное пространство для поступающего из аккумулятора пара и несет на своей внутренней перегородке сопловое кольцо первой ступени; задняя часть с прилитым конденсаторным штуцером еще раз разделена в горизонтальной плоскости.

Распределение представляет собой общеупотребительное устройство дроссельного регулирования с вспомогательным золотником *A*, действующим напорным маслом, направляемым в него по трубам *B* (фиг. 865). При этом предусмотрены быстрозапирающий регулятор и двойная перестановка числа оборотов от руки с места *D* или с распределительного щита. Рычаги для быстрого запора расположены в месте *C* (фиг. 866).

На фиг. 867 показана схема чистой реактивной турбины низкого давления для отработавшего пара, мощностью в 1 200 л. с. при 3 000 оборотах в минуту, выполнения завода Броун, Бовери и К^о.

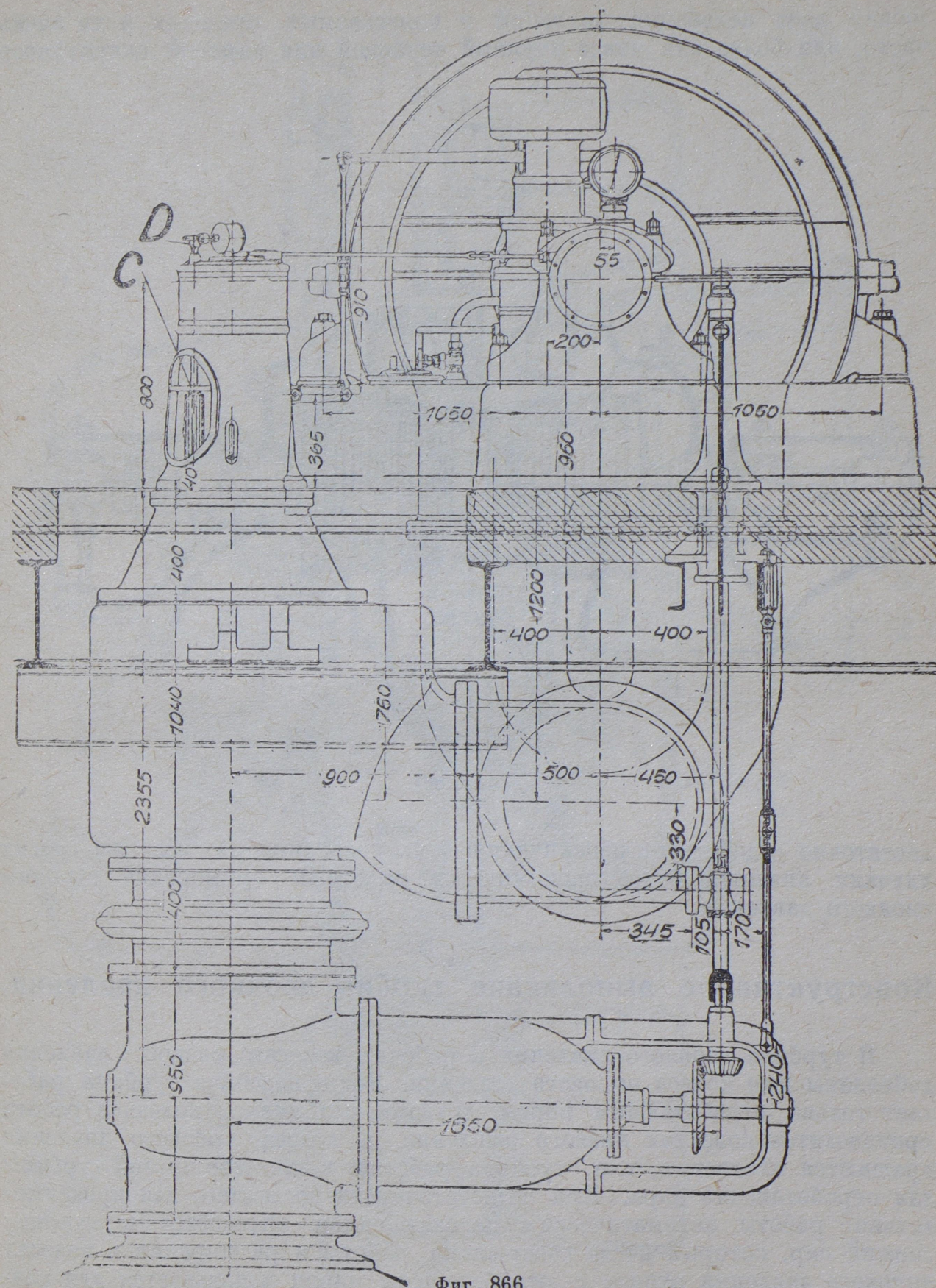
Поступление отработавшего пара в турбину происходит при *A*, поток которого после прохода через дроссельный клапан *B* делится на две струи вправо и влево, каковое разделение необходимо для возможности достижения потребных при больших количествах пара и больших разре-

жений значительных поперечных проходных сечений. Обе паровые струи вновь соединяются между собою в примыкающей к штуцеру С конденсаторной трубе.



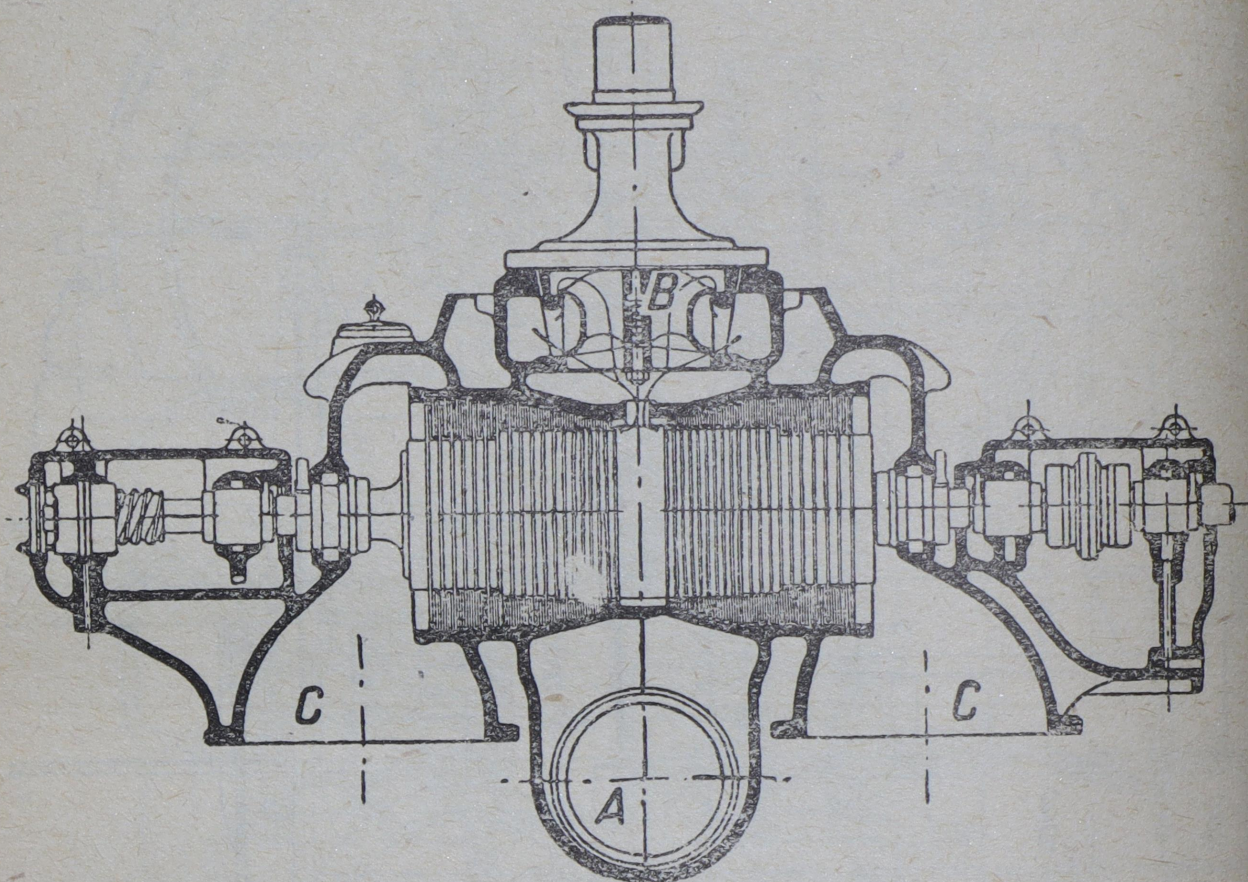
Фиг. 865.

Чистая реактивная турбина для отработавшего пара, как уже говорилось, находит применение лишь в тех случаях, когда работа первичных



Фиг. 866.

машин дает колебания давлений в допускаемых пределах и не очень часто, или более или менее крупный тепловой или паровой аккумулятор

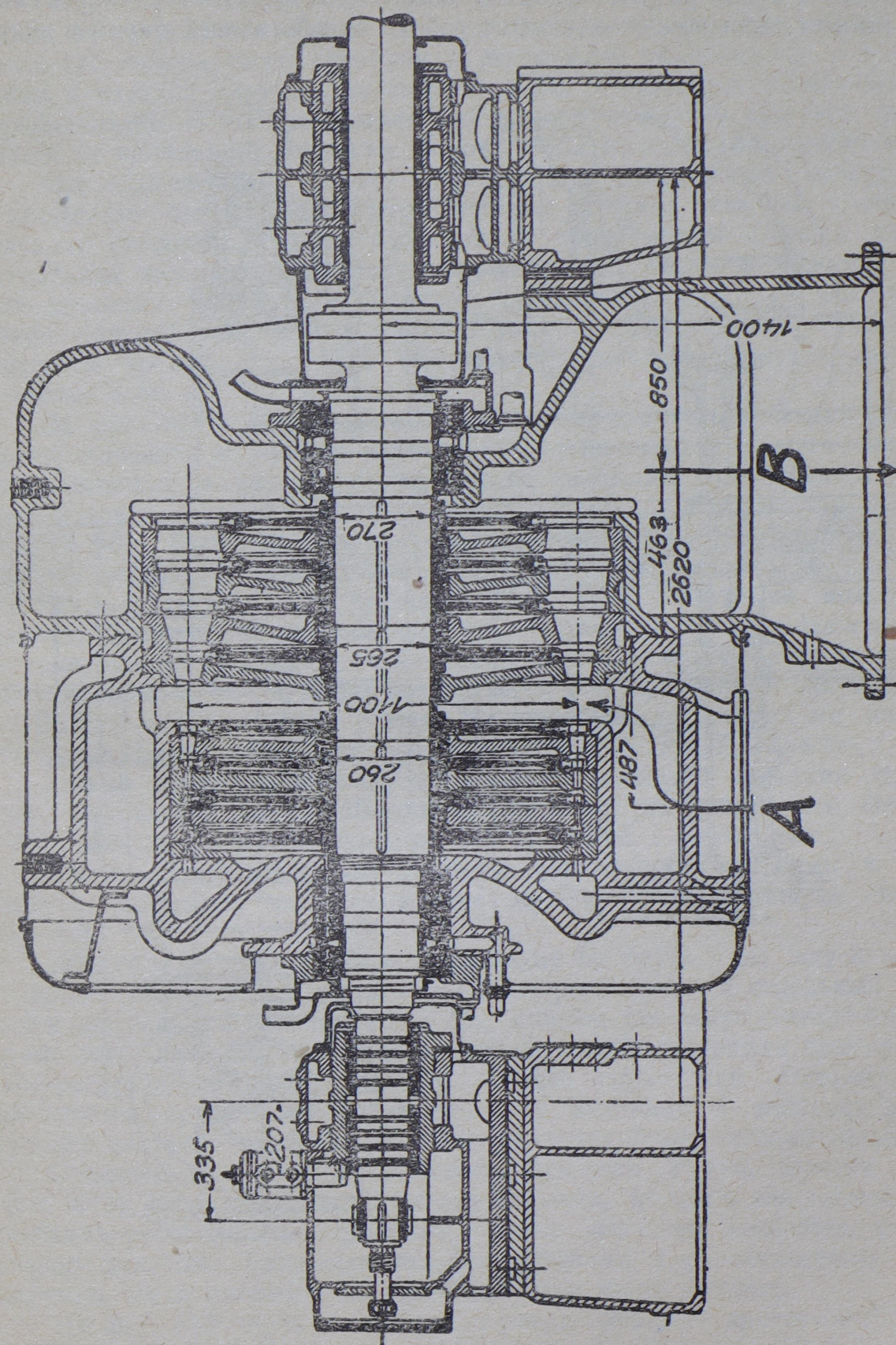


Фиг. 867.

достаточно содействует ограничению этих колебаний. Во всех же других случаях является более экономически выгодным применение турбины своего давления.

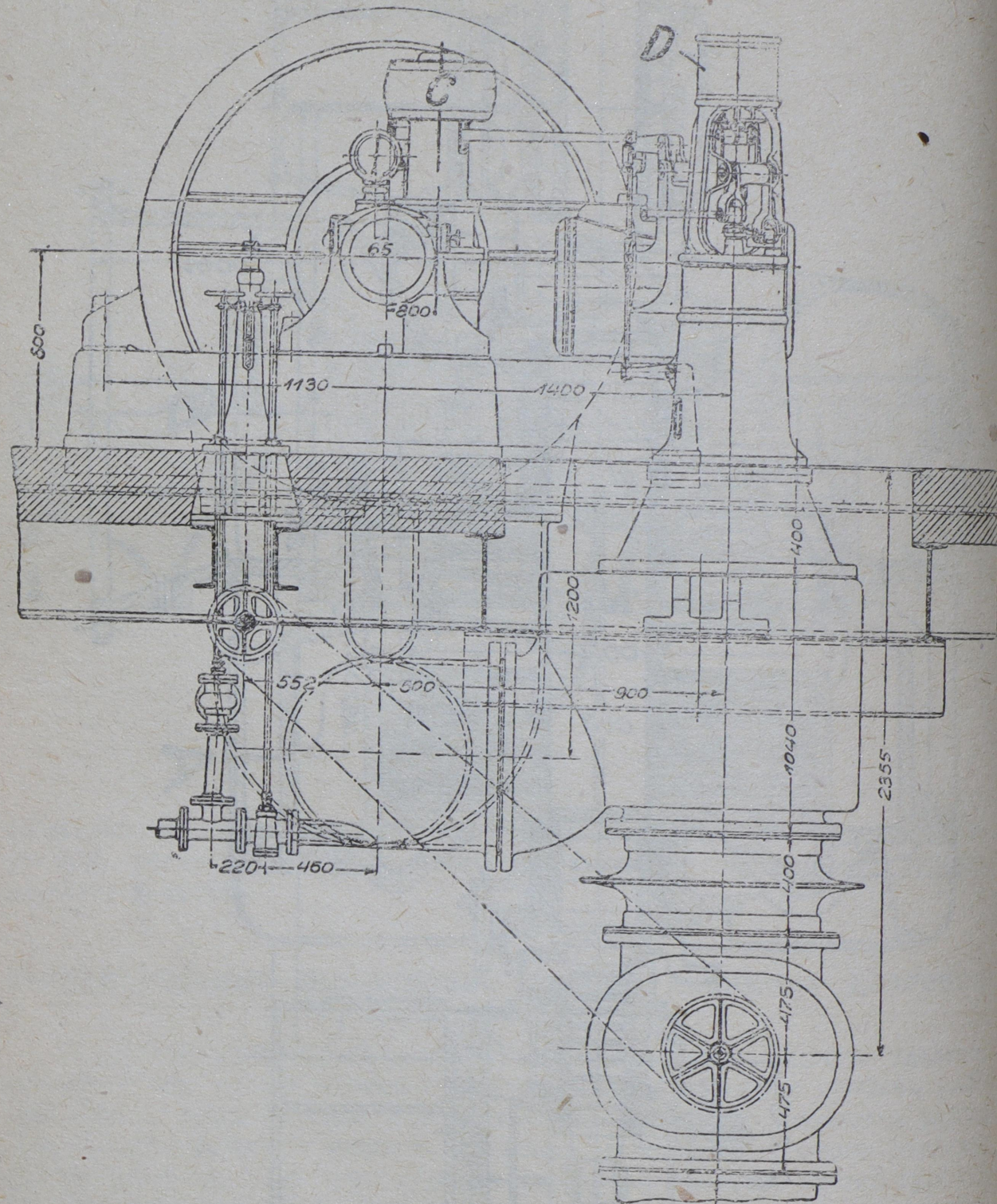
Конструктивное выполнение турбин двойного давления.

В турбине двойного давления к рабочим колесам низкого давления добавлены еще колеса высокого давления. Когда подобная турбина работает только отработавшим паром другого механизма, полезная работа производится колесами низкого давления, а колеса высокого давления вращаются вхолостую, т.-е. турбина работает в качестве чистой турбины для отработавшего пара. При недостаточности последнего для продолжительной работы автоматическим переключением впускается в турбину свежий пар, который после совершения работы и расширения в колесах высокого давления вместе с отработавшим паром используется для развития работы в колесах низкого давления.



Фиг. 868.

Вместе с этим работа турбины может производиться одновременно и смешанным порядком, т.-е. помимо работы отработавшим паром в части



Фиг. 869.

низкого давления, еще развивается работа и в части высокого давления за счет питания последней свежим паром.

Само устройство турбин двойного давления сравнительно мало отличается от устройства турбин для свежего пара. Здесь применяются как многоступенчатые чисто активные и реактивные системы, так и в соединении с колесом Кэртиса для свежего пара и чистыми ступенями для отработавшего. В этом последнем случае пар в колесе Кэртиса расширяется от начального давления свежего пара до давления отработавшего.

Уже отмечавшиеся выше преимущества смешанных конструкций в настоящем случае выявляются особенно выпукло, так как к положительным сторонам низких давлений и температуры пара в кожухе, устранения невыгодно работающей реактивной части в области высокого давления, небольшой строительной длине, короткому расстоянию между опорами вала и т. п., присоединяется еще преимущество малой величины трения двух- или трехвенечного колеса Кэртиса при его холостом ходе.

На фиг. 868 и 869 представлена турбина двойного давления системы Целли, имеющая по четыре рабочих колеса высокого и низкого давления, расположенных в двух группах, между каковыми производится выпуск отработавшего пара *A* из аккумулятора. Выпуск в конденсатор отмечен на фиг. 868 через *B*. Как для свежего, так и для отработавшего пара имеются отдельные дроссельные и регуляторные клапаны и запорные вентили; регулятор *C* при внезапных изменениях нагрузки может действовать одновременно на оба дроссельных клапана при помощи масляного сервомотора. Независимо от этого дроссельный клапан аккумуляторного распределения (*D*—фиг. 869) подвергается еще давлению в аккумуляторе.

Кожух турбины имеет разъем по горизонтали, каждая же из этих отдельных частей имеет еще разделение на верхнюю и нижнюю.

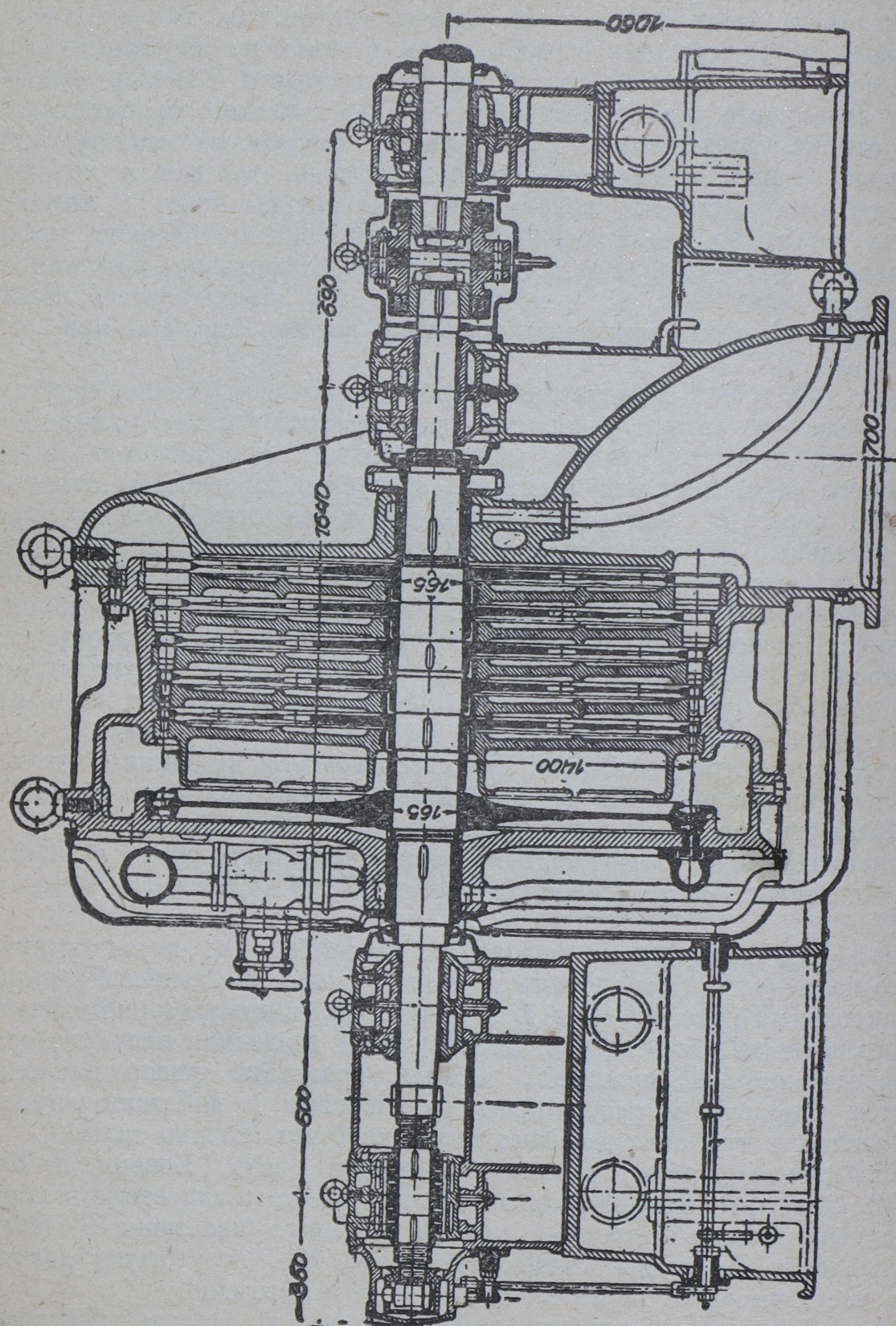
Весьма распространенный тип турбины двойного давления системы Рато, выполнения завода Шкода в Пильзене, изображен на фиг. 870 и 871. Мощность данной турбины 675 л. с. при 1800 об/мин.

Машина снабжена пятью чистыми активными ступенями в части низкого давления; часть высокого давления обслуживается колесом Кэртиса.

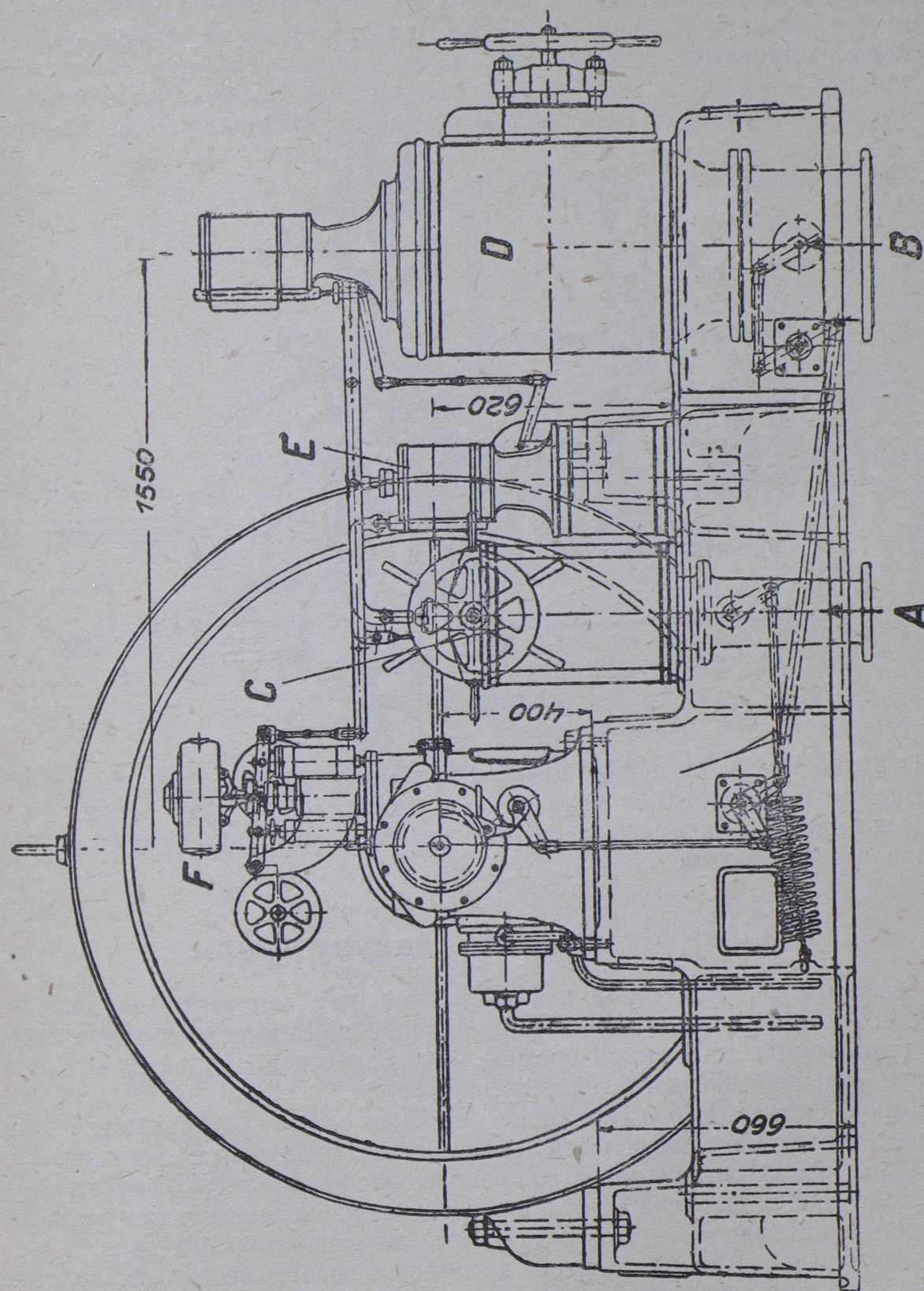
Поступление свежего пара происходит по трубе у *A*; выпуск аккумуляторного пара—у *B*. Для первого и второго имеются отдельный запорный и дроссельный клапаны (*C* и *D*), причем для аккумуляторного пара, кроме того, имеется еще клапан, действующий давлением аккумулятора (*E*—распределение аккумулятора). Общее управление распределением достигается пружинным регулятором (о значении и действии регулирующих систем в турбинах двойного давления будет сказано дальше).

Отметим еще турбину двойного давления Броун, Бовери и К°. (фиг. 872). Здесь отсутствует колесо Кэртиса, а часть для свежего пара снабжена реактивными ступенями, равно как ими снабжена и часть низкого давления. Благодаря такой комбинации, т.-е. отсутствию колеса Кэртиса, часть высокого давления работает менее выгодно.

На фиг. 872 через *A* изображен регуляторный и дроссельный клапан для свежего пара, а *B*—для аккумуляторного, причем оба они приводятся в действие напорным маслом обычным образом так, что регулятор

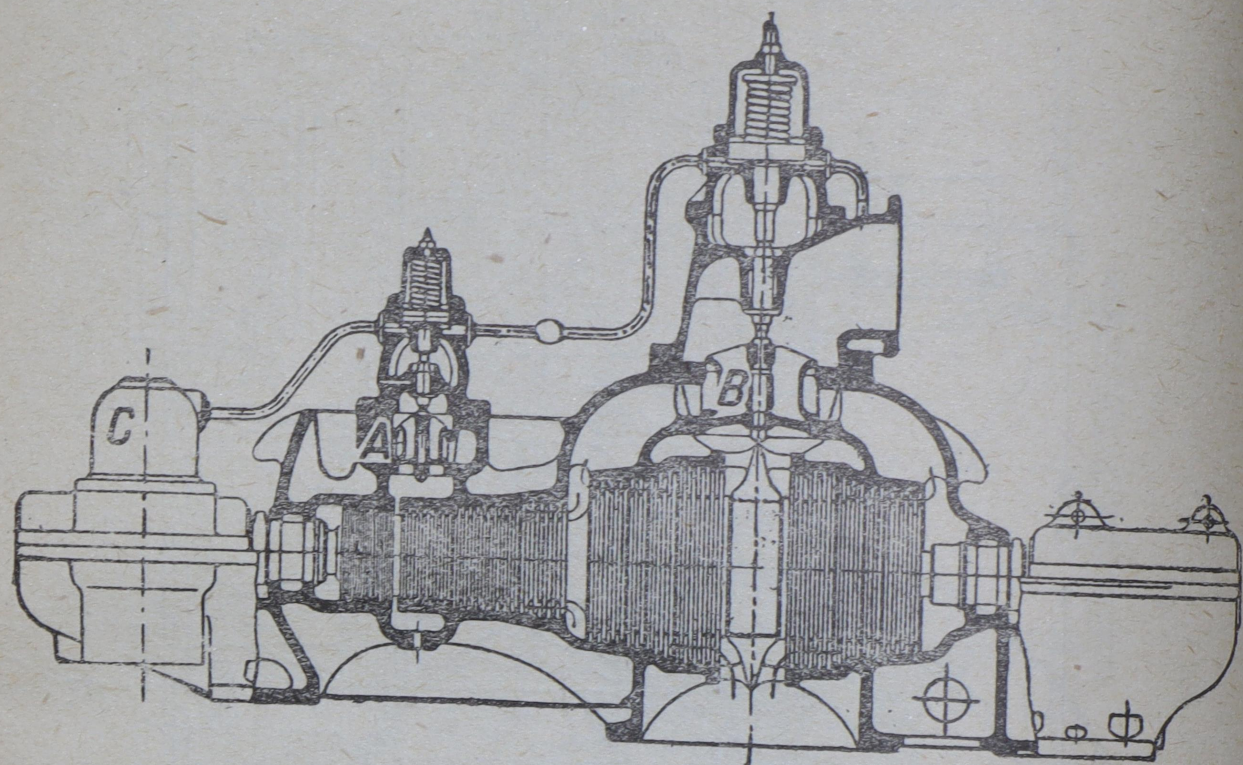


Фиг. 870.



Фиг. 871.

С в состоянии воздействовать на клапан свежего пара лишь тогда, когда он вполне открыл клапан для отработавшего пара. Распределение последнего клапана посредством аккумуляторного пара в данной конструкции отсутствует.



Фиг. 872.

Струя пара в ступенях низкого давления разделяется вследствие больших удельных объемов пара.

Подробнее о парораспределении разбираемой конструкции будет сказано в своем месте.

Паровые и тепловые аккумуляторы.

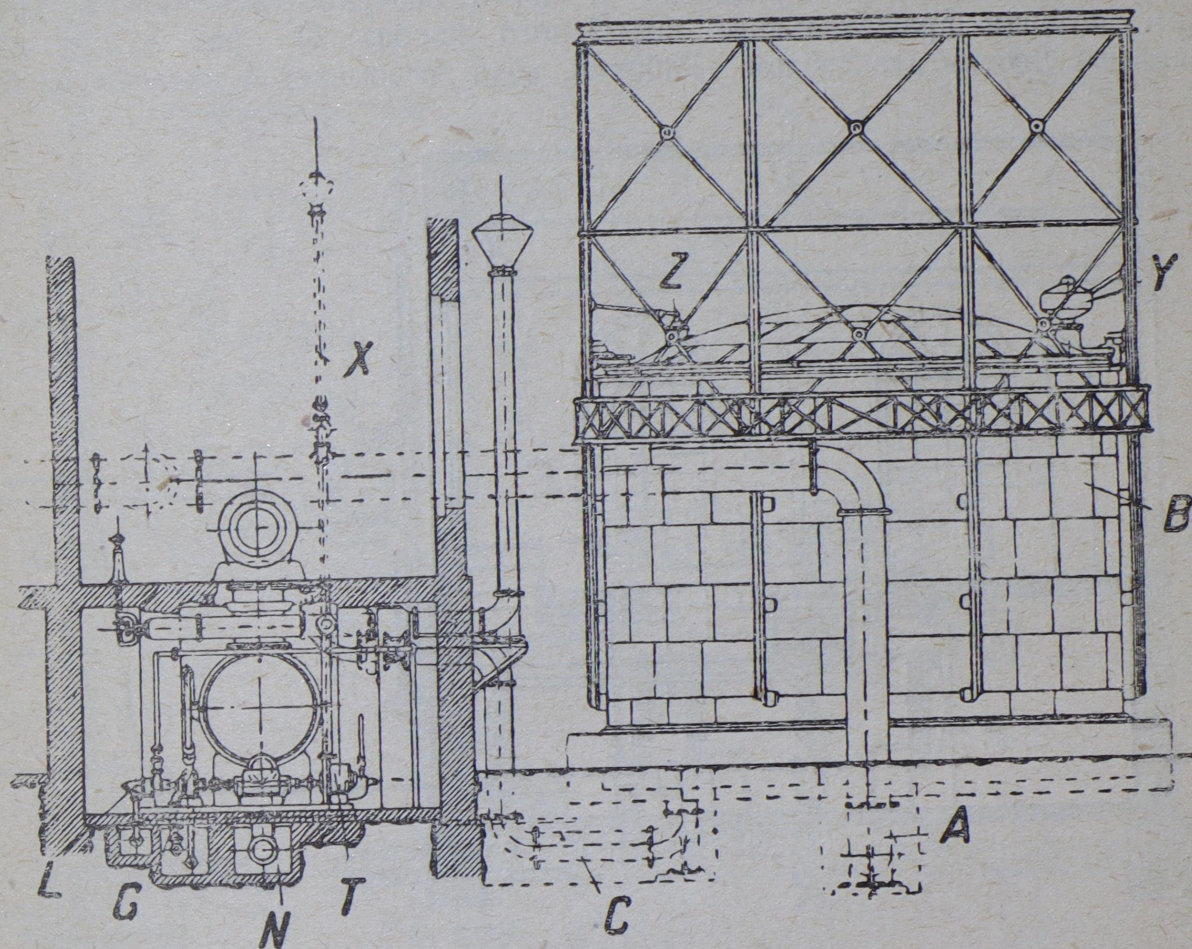
Тепловым аккумулятором называется аппарат, который отнимает от вводимого в него отработавшего пара теплоту через поглощение ее массой воды (или другой теплоемкой средой), находящейся в аппарате и затем по мере надобности отдает теплоту испарением.

Паровой аккумулятор скапливает в себе самый отработавший пар и отдает его по мере надобности без каких-либо физических превращений.

Целью обеих систем является превращение неравномерной струи пара первичных машин в равномерную струю с возможно малыми колебаниями давления и питание этим паром турбины для отработавшего пара.

Аккумулятор того или другого устройства вообще необходим во всех тех случаях, когда для работы турбины низкого давления применяется отработавший пар действующих с перерывами паровых механизмов, хотя устройства эти обеспечивают равномерный подвод пара к турбине в течение

ние весьма короткого промежутка времени, обычно не больше четырех минут после остановки первичной машины. Отсюда, аккумуляторы пригодны только в том случае, когда машина, доставляющая отработавший пар, имеет короткие периоды перерывов в работе, не превышающие трех-четырех минут, иначе лучше применить турбину двойного давления, чем стремиться использовать аккумулятор. Но если нормальные промежутки

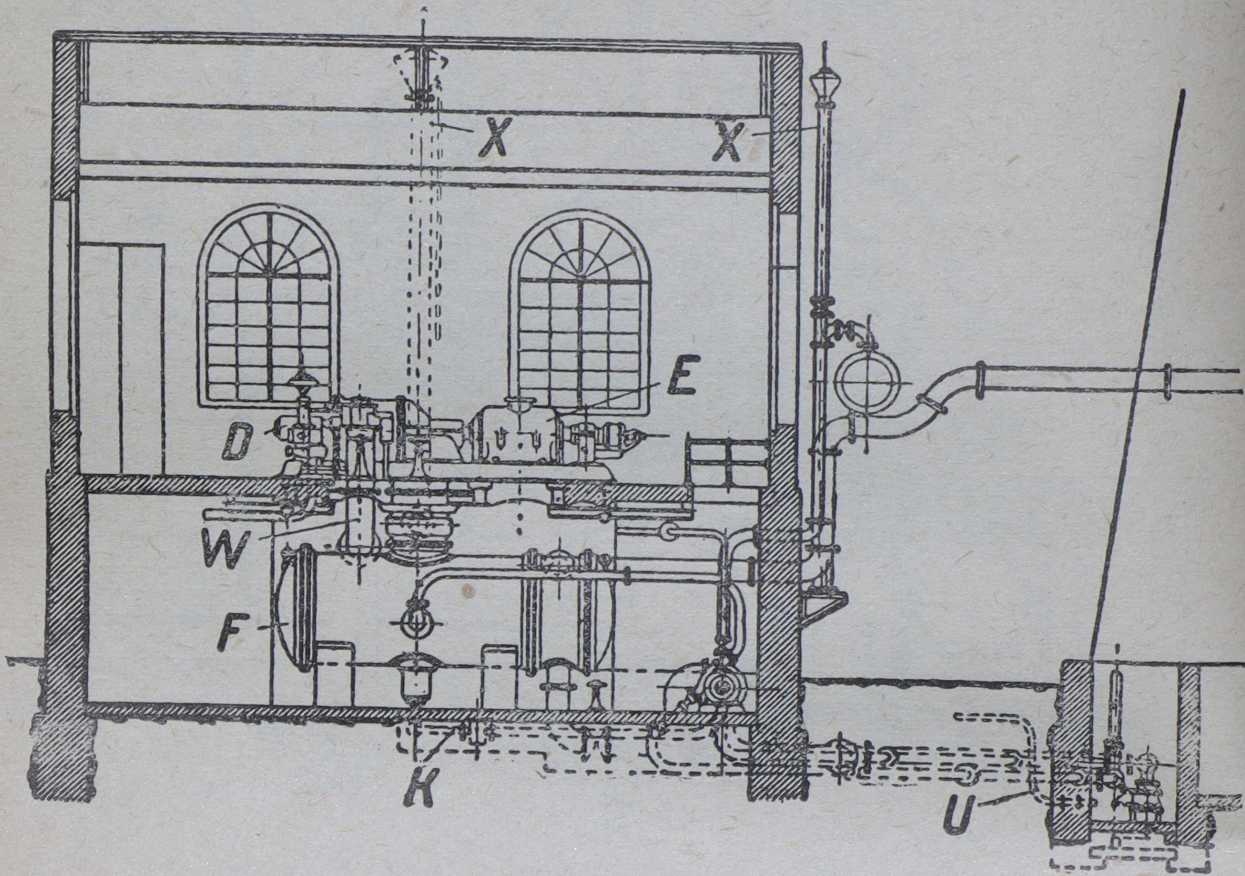


Фиг.

перерывов редко превосходят одну—две минуты, то аккумуляторы весьма полезны.

На фиг. 873, 874 и 875 изображена полная установка для отработавшего пара с турбиной двойного давления и пароаккумулятором кольцевого типа. Электрическая и паровая части этой установки выполнены по проекту ВКЭ в Берлине, а пароаккумуляторная и конденсационная—по проекту завода Гарле-Балке в Бохуме. Как видно из приводимых чертежей, отработавший пар первичного парового двигателя по трубе А для этого пара поступает в паровой аккумулятор В (фиг. 873 и 875), который содержит в себе маслоотделитель Н (фиг. 876) с конденсатным смешательным подогревателем. Из аккумулятора отработавший пар по трубе С поступает в главную турбину D, непосредственно соединенную с гене-

ратором *E*. Поверхностный конденсатор *F* расположен под главной турбиной в подвальном помещении. Между конденсатором и турбиной в соединяющей их трубе имеется затворная задвижка, управляемая из машинного помещения посредством ручного колеса и зубчато-колесной передачи; назначение задвижки—в случае надобности работы на выхлоп—выключить конденсатор и включить выхлопную трубу. Отсасывание воздуха из конденсатора производится через воздухоотсасывающую трубу при помощи вращательного воздушного насоса *G* (фиг. 873 и 875) системы Вестингауз-Леблан. Рабочая вода всасывается насосом из бас-

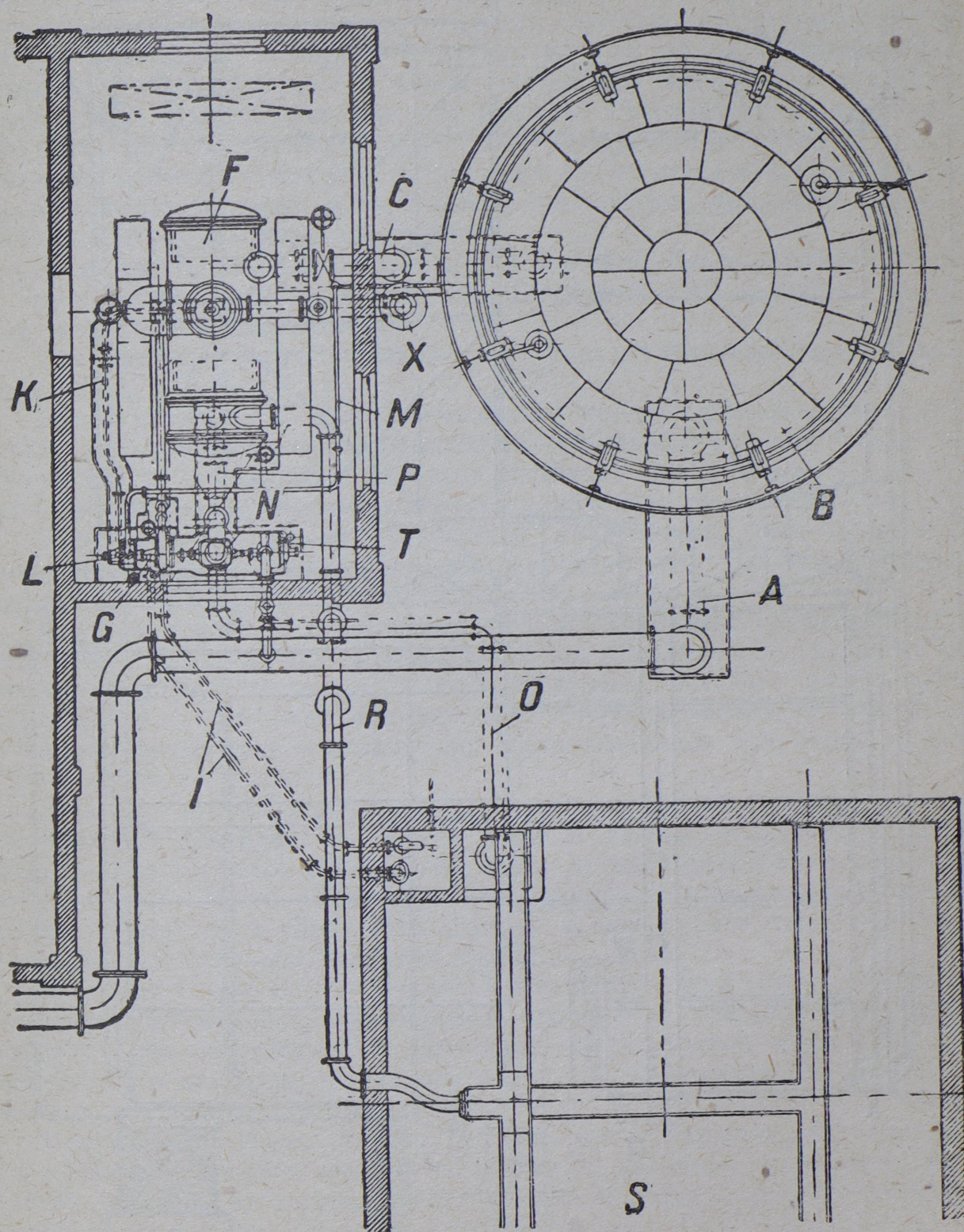


Фиг. 874.

сейна и отводится им обратно через трубы *I*. Конденсат по всасывающей для него трубе *K* всасывается при помощи конденсационного насоса *L* и доставляется расположенному в аккумуляторе подогревателю по нагнетательной трубе *M*. Третий насос *N* для холодной воды берет воду из другого бассейна по всасывающей трубе *O* и нагнетает ее по трубе *P* в трубы конденсатора и затем дальше по нагнетательной трубе *R* для теплой воды отводит ее в охлаждающую башню *S*. Все три насоса монтированы на одной общей фундаментной плите, стоят рядом и приводятся в движение небольшой добавочной турбиной *T*. Через *U* отмечена труба для добавочной воды.

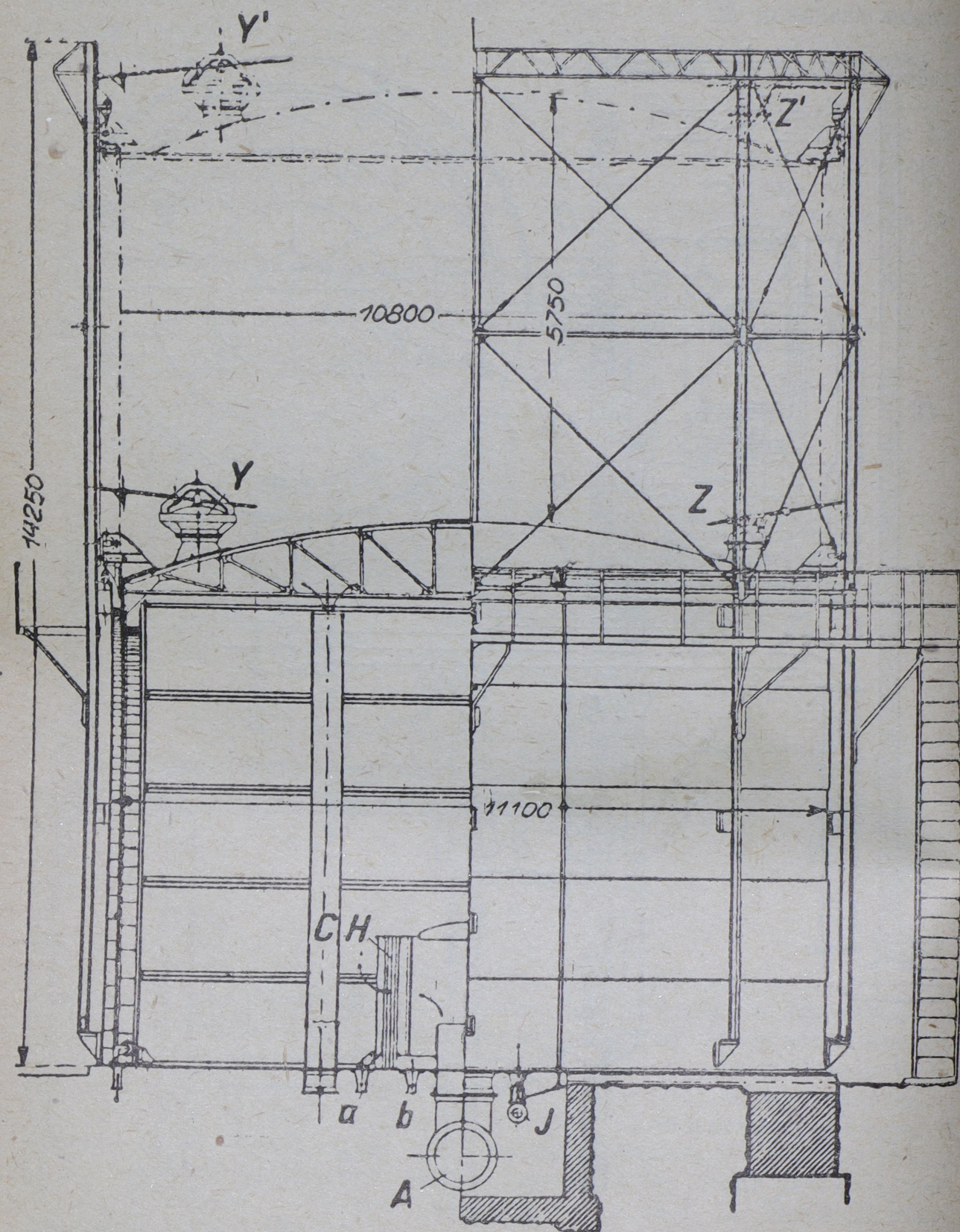
Поступление в турбину *D* свежего пара происходит через трубу *W*. Через *X* отмечен вспомогательный выпуск в атмосферу.

Пароаккумулятор снабжен предохранительным клапаном *Y* и воздушным клапаном *Z*.



Фиг. 875.

На фиг. 876 отдельно изображена конструкция того же пароаккумулятора. Колокол плавает в кольцеобразном водяном бассейне и в зави-



Фиг. 876.

симости от количества поступающего пара принимает то или иное по высоте положение. Отработавший пар первичных машин принимается аккумулятором через трубу *A* и после прохода через маслоотделитель *H*, назначение которого—очистить пар от масла, признаваемого нежелательным в турбине, так как оно стремится пристать к лопаткам и закупорить каналы,—вступает под колокол. Рабочий пар из аккумулятора поступает в турбину по трубе *C*. Образующийся в аккумуляторе конденсат стекает по штуцеру *a*, эмульсия же из масла и воды из маслоотделителя—по штуцеру *b*, к каждому из которых примыкает конденсационный горшок с короткой трубой.

На водяной поверхности кольцевого бассейна, быстро принимающего во время работы температуру $85-98^{\circ}\text{C}$, плавает слой масла, что вызывает уменьшение теплоотдачи.

Аккумулятор снаружи заключен в обшивку с тщательной термической изоляцией.

Предохранительный клапан или клапан противодействия *Y* (фиг. 876 и 873), для предупреждения образования чрезмерного давления в аккумуляторе, могущего разрушить как этот последний, так и турбину,—открывается уступом по достижении колоколом наивысшего своего положения *Y'*.

Воздушный клапан *Z* управляется механически при наинизшем положении колокола, но вместе с тем автоматически открывается также при появлении разрежения в колоколе.

Наконец, клапан *J* для свежего пара предупреждает слишком частое поступление воздуха под колокол, при чем открытие его происходит ранее воздушного клапана *Z*. Этот последний начинает действовать только после прекращения действия всей установки; клапан же *J* должен доставлять свежий пар в количестве, обеспечивающем покрытие потери в колоколе от конденсации.

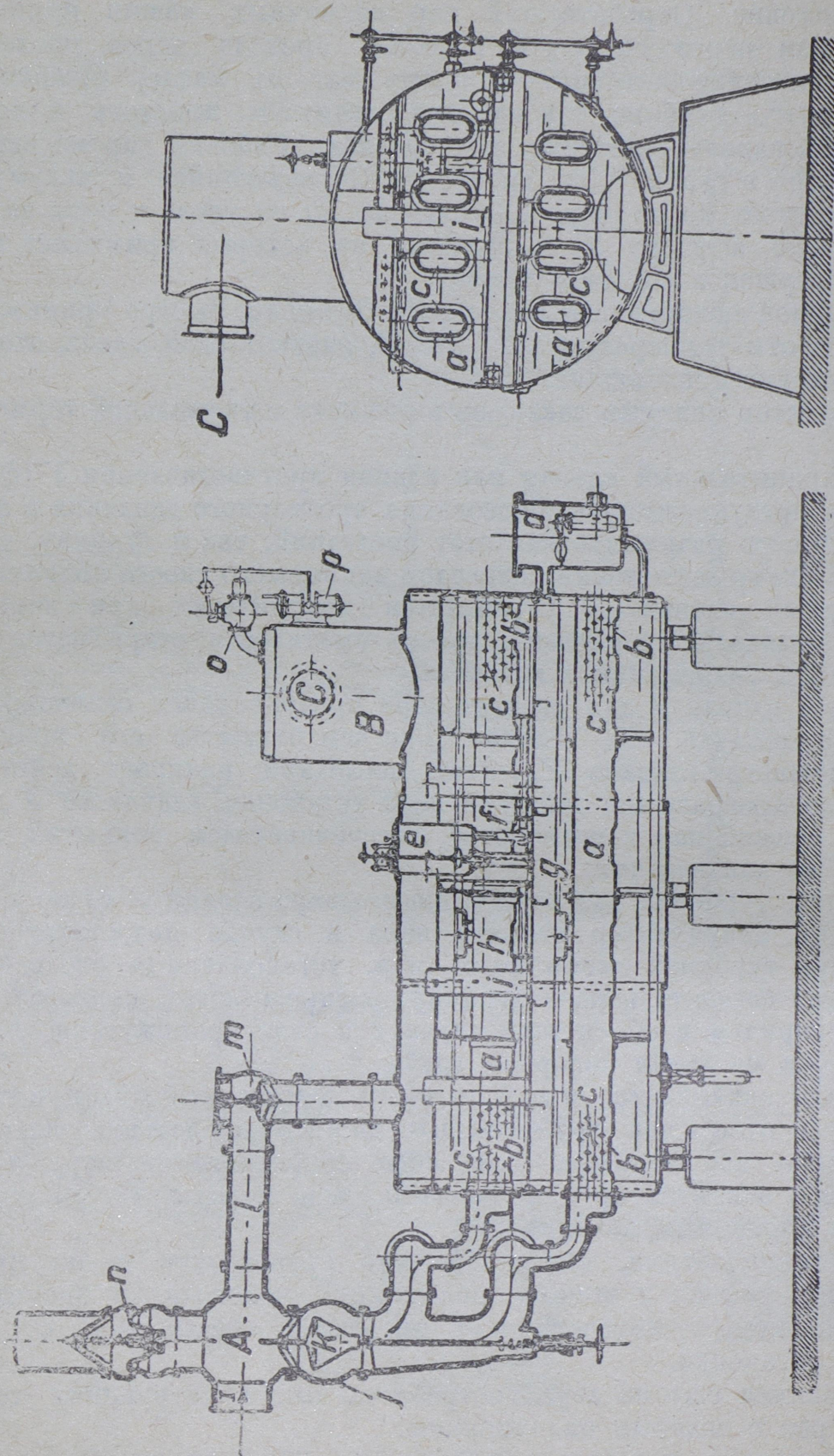
В чистых турбинах для отработавшего пара клапан *J* служит также для впуска в аккумулятор свежего пара в случае недостатка отработавшего. При турбинах смешанного типа, установленных около аккумулятора, впуск свежего пара в турбину распределяется непосредственно колоколом, причем в обоих этих случаях в виде промежуточного органа предусмотрена масляная напорная труба.

Все виды аккумуляторов должны иметь достаточный объем, а паровые подводящие и отводящие трубопроводы достаточно большое поперечное сечение, дабы не возникало заметного сопротивления пару при его циркуляции в аккумулятор или из него, чем повышалось бы противодействие в первичных механизмах.

Приращение объема, которое должно происходить в аккумуляторе при крайних низшем и высшем положениях колокола, в значительной степени зависит от интенсивности питающей среды, т.-е. от работы первичной установки.

Остановимся еще на двух употребительных конструкциях тепловых аккумуляторов с водяным охлаждением.

В конструкции, представленной на фиг. 877 (система Рато), отработавший пар первичной машины поступает при *A* и, будучи пропущен через



Фиг. 877.

маслоотделитель, в мелко распыленном состоянии проводится через воду, заполняющую на две трети корпус аккумулятора, имеющий вид парового котла с сухопарником (паровым колпаком) *В*. Котел и масса воды посредством горизонтальной железной перегородки разделены на две части, каждая из которых имеет некоторое число отверстий с трубками эллиптической формы *a* для приема поступающего пара. Разделение котла на две части имеет целью придать массе воды большую доступность к пару и уменьшить в пределах возможного собственное сопротивление аккумулятора. Трубки *a* внизу снабжены отверстиями *b*, которые при недостаточном притоке пара способствуют беспрепятственному поступлению воды, и, напротив, при внезапно усиливающемся притоке пара—допускают свободное обратное прохождение воды в котел. Значительное количество отверстий *c* конденсирует пар в воду, а также вызывает некоторую циркуляцию воды над влиянием изменения температуры.

Регулирование уровня воды в нижней части котла производится регуляторным клапаном поплавкового типа *d*, предупреждающим излишне высокий уровень воды путем отвода излишка наружу. Верхняя часть водяного пространства в том же направлении обслуживается горшком *e*, в который вода проходит по трубе *f*. Отвод воды достигается по трубе *g*, снабженной переставляемой вставкой, в нижнюю водную полость. Через *h* отмечено маслоснимательное приспособление, монтированное в обеих частях котла, целью какового является удаление с водной поверхности частиц масла, ускользнувших от главного маслоотделителя.

Уравнение давлений пара в обеих частях аккумулятора достигается вертикальной трубой *i*.

Имеющийся обратный клапан *j* с конусообразным поплавком *k* предохраняет паровой сборник *В* от обратного поступления воды из парового пространства аккумулятора в тех случаях, когда при остановке первичной машины в ее паропроводных трубах образуется вакуум от охлаждения и сгущения остатков пара. Кроме того, паровой сборник соединен с аккумулятором уравнительной трубой *l* и обратным клапаном *m*, назначение которых вызвать уравнение еще до начала действия клапана *j*.

Через *n* показан нагруженный пружиной предохранительный клапан, который от руки может быть установлен на определенную высоту давления.

При недостатке отработавшего пара и необходимости впуска свежего, давление последнего дросселируется до давления отработавшего пара помощью дроссельного клапана *o*, причем открытие этого клапана происходит автоматически самодействующим регулятором давления *p* в тот момент, когда давление пара в аккумуляторе опускается ниже определенной величины.

Через *С* отмечена труба в сухопарнике для выхода пара к турбине.

Несколько иную конструкцию представляет собой фиг. 878. Здесь тепловой аккумулятор состоит из двух котлов овальной формы, установленных один над другим. Паровые пространства обоих котлов соединяются между собою посредством обводной трубы *a*; переливы же водяных

пространств производится при помощи поплавка *b* и клапана *c*, отводящих из системы излишнюю воду.

В целях лучшего и быстрого поглощения пара и его теплоты водной массой в этой конструкции воде придается некоторое движение, достигаемое скоростью пара, впускаемого в котлы через особые соплообразные отверстия *A* в лопаткообразные щиты *B*. Направление движения воды показано стрелками.

Поступление пара из водяного в паровое пространство происходит через ряд небольших клапанов *d*, сидящих в горизонтальных делительных перегородках.

В сухопарнике монтирован паросушитель *C*.

Установка рабочего давления в аккумуляторе должна производиться по возможности таким образом, чтобы первичные машины доставляли бы такое количество пара, которое потребляет турбина низкого давления. Увеличивая давление в аккумуляторе, возможно получить увеличение расхода пара в первичном двигателе, но зато уменьшить этот расход в турбине низкого давления, на тот случай, если бы оказалось, что давление в аккумуляторе постоянно низко. При искусственном понижении давления в аккумуляторе можно заставить турбину потреблять большее количество пара, а первичный механизм — меньшее.

Для вычисления необходимого веса воды в аккумуляторе Т. Крофт дает следующие формулы, из коих первая (I) дает вес, необходимый для поддержания на определенном уровне давления в аккумуляторе, когда впуск пара в него прекращается на короткое время; вторая (II) формула определяет вес, необходимый для обеспечения того, чтобы внезапный впуск пара в аккумулятор не вызвал истечения пара через клапан противодавления. Размеры установки определяются по той формуле, которая дает больший вес.

$$W_w^1 = \frac{t W_s^1 (r_1 + r_2)}{2 (T_1 - T_2)} \text{ кг} \dots \dots \dots \text{ (I)}$$

и

$$W_w^2 = \frac{W_s^2 (r_1 + r_2)}{2 (T_1 - T_2)} \text{ кг} \dots \dots \dots \text{ (II)}$$

где

W_w^1 — вес воды в кг, необходимый для обеспечения заранее назначенной минимальной величины давления, когда турбина питается аккумуляторным паром, но отработавшего пара в него не поступает;

W_w^2 — вес воды в кг, необходимый для поглощения мгновенного поступления пара;

t — максимальное время в минутах, в течение которого пар расходуется из аккумулятора, но отработавшего пара в него не поступает;

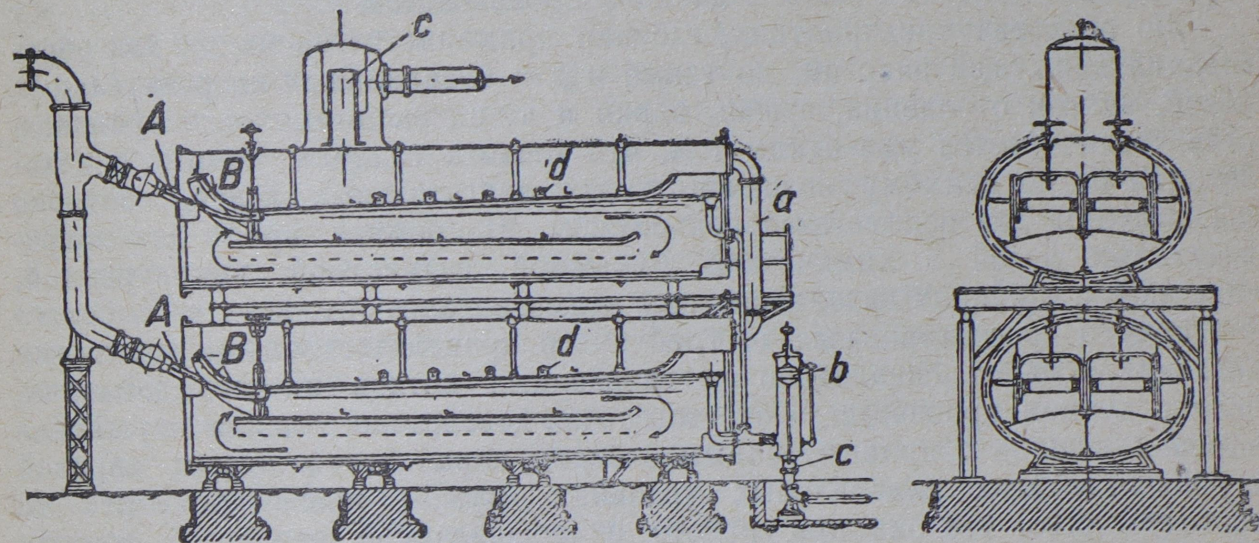
W_s^1 — полный расход пара турбиной в кг в минуту;

W_s^2 — вес в кг мгновенной подачи пара, которая должна быть поглощена аккумулятором;

r_1 и r_2 — скрытая теплота испарения в кал/кг при максимальном и минимальном давлениях в аккумуляторе;

T_1 и T_2 — температуры в °C при максимальном и минимальном давлениях в аккумуляторе.

Пример 1. Нужно определить вес воды, который следует иметь в аккумуляторе, обслуживающем турбину низкого давления, мощностью в 1 000 л. с., при перерыве впуска пара в аккумулятор в течение 4 минут.



Фиг. 878.

Пусть давление в аккумуляторе может колебаться между 1,2 и 1,4 атм. абс. Допустим, что турбина расходует 13,5 кг пара на одну л. с. в час.

Тогда, по таблицам для пара, определяющим $T_1 = 109^\circ \text{C}$; $T_2 = 104^\circ \text{C}$; $r_1 = 534 \text{ кал/кг}$; $r_2 = 537 \text{ кал/кг}$, находим по формуле (I)

$$W_w^1 = \frac{t W_s^1 (r_1 + r_2)}{2 (T_1 - T_2)} = \frac{4 \times 1000 \times \frac{13,5}{60} \times (534 + 537)}{2 \times (109 - 104)} = 96500 \text{ кг}.$$

Пример 2. Если, допустим, аккумулятор по предшествующему примеру должен принять 1 350 кг отработавшего пара в течение короткого промежутка времени внезапной подачи, то, спрашивается, как велико должно быть в аккумуляторе содержание воды?

По формуле (II) находим:

$$W_w^2 = \frac{W_s^2 (r_1 + r_2)}{2 (T_1 - T_2)} = \frac{1350 \times (534 + 537)}{2 \times (109 - 104)} = 144500 \text{ кг}.$$

Общие указания в отношении использования теплоты турбин с отдачей нагревочного пара.

Широкое распространение паровой турбины в современной промышленности вызывается отчасти легкой ее приспособляемостью ко всяким термическим условиям работы данного производства.

Во всех тех предприятиях, где пар применяется не только для образования движущей энергии, но также и для специальных нагревательных целей, как-то: отопления, сушки, варки и т. п., экономичность производства увеличивается уже одним тем, что теплота топлива, помимо использования ее по прямому назначению для двигательных целей, повторно используется для вспомогательной службы. В прежнее время для нагревательных целей в химической, бумажной, силикатной, винокуренной, сахарной и др. промышленности пар заимствовался от котлов высокого давления и дросселировался до требуемого производственными условиями давления, или от специально установленных котлов низкого давления, если в данном производстве отсутствовала достаточно мощная поршневая паровая машина с промежуточным отбором пара. Достоинством паровой турбины в этих специальных условиях службы нужно отметить то обстоятельство, что она при работе с конденсацией извлекает гораздо больше энергии из пара низкого давления, чем поршневая машина.

Когда в задачу одной и той же силовой установки входит производство механической энергии и доставление теплоты, то представляется экономически выгодным производить пар для вспомогательных целей при высоком давлении и затем питать им сравнительно мало экономичную машину (поршневую или турбину) без конденсации, после чего подавать его в тепловую систему. Вообще говоря, турбина, предназначенная для выработки как силовой, так и тепловой энергии, бывает весьма экономически выгодна в общем комплексе работы установки.

Наметить схематически тип турбины, потребный для данной цели, можно следующим образом:

А. Если потребности в отработавшем паре нет и не имеется отработавшего пара в другой машине, применяется турбина высокого давления с конденсацией.

В. Если потребности в отработавшем паре нет, но наличие отработавшего в другой машине пара всегда может обеспечивать потребность турбины, применяется турбина низкого давления (с конденсацией).

С. Если потребности в отработавшем паре нет, но наличие отработавшего в другой машине пара иногда бывает больше, а иногда — меньше потребности турбины, — применяется турбина двойного давления или турбина низкого давления с аккумулятором.

Д. Если потребность в отработавшем паре есть, причем она всегда больше количества, даваемого турбиной, а наличия отработавшего пара в другой машине не имеется, — применяется турбина высоко-

кого давления без конденсации. Установка добавляется устройством добавочного отбора пара (с дросселированием его) от котла.

Е. Если потребность в отработавшем паре есть, причем она иногда больше, а иногда меньше (даже значительно меньше) количества, даваемого турбиной, а наличия отработавшего пара в другой машине не имеется, — применяется турбина высокого давления с промежуточным отбором пара (с конденсацией).

Ф. Если потребность в отработавшем паре есть, причем она остается постоянно одинаковой и приблизительно равной также постоянному количеству пара для силовых целей (мощности турбины в каждый данный момент), но наличия отработавшего пара в другой машине не имеется, — применяется турбина высокого давления с противодавлением (без конденсации).

Г. При необходимости по той или иной причине отбора пара различных давлений (1,5 и 3—3,5 кг/см²), применяется турбина с отбором пара и противодавлением, представляющая собой комбинацию вышеуказанных двух типов турбин.

Для уяснения выгод, доставляемых турбинами с отдачей нагревочного пара для целей использования тепла, А. Польшаузен, по сравнительным данным проспектов ВКЭ в Берлине, приводит следующие соображения.

1. Сравнивается турбина с противодавлением, с турбиной высокого давления с конденсацией, при которой одновременно потребный нагревочный пар получается от котлов низкого давления.

Пусть обе турбины соединены с генераторами трехфазного тока мощностью по 1 000 kw, а давление и соответственно температура пара в обеих турбинах составляет 13 кг/см² абс. и 300° С. Пусть, далее, котлы низкого давления дают пар давлением 3 кг/см², которое вместе с тем равно давлению выпуска в турбине с противодавлением.

Мощности в 1 000 kw соответствуют

$$1,36 \times 632,3 \times 1\,000 = 859\,928 \text{ единиц теплоты.}$$

Полная теплота свежего пара для турбины рассчитывается по известному уравнению, по которому это количество теплоты на 1 кг будет

$$664,63 + 0,545 (300 - 190,7) \cong 725 \text{ единиц теплоты}$$

где 0,545 = теплоемкости пара.

Для турбины с противодавлением принимается расход пара турбиной в 21,5 кг на 1 kw/час. Требуемое для доставления турбине количество теплоты в 1 час. составляет:

$$725 \times 21,5 \times 1\,000 = 15\,587\,500 \text{ единиц.}$$

Если потери в котельной установке составляют 25% теплоты, развиваемой на решетке, а в трубопроводе между котлом и турбиной теряется 1,3%, то, в предположении отвода конденсата из нагревательных при-

боров при 70°C и поступления его обратно в котел под температурой 60°C , котел должен доставлять в час

$$\frac{15\,587\,500 - (60 \times 21,5 \times 1\,000)}{1 - (0,25 - 0,013)} = 19\,100\,000 \text{ един. теплоты.}$$

Затем, из доставленных турбине $15\,587\,500$ ед. тепла $859\,928$ единиц преобразовываются в электрическую энергию; на потери от охлаждения, излучения, трения турбинных и генераторных подшипников и т.п. принимается 12% от электрической энергии, т.-е.

$$0,12 \times 859\,928 = 103\,191 \text{ един. теплоты}$$

а

$$70 \times 21,5 \times 1\,000 = 1\,505\,000 \text{ един. теплоты}$$

теряются с конденсатом. Таким образом, для нагревания остается, за вычетом во всяком случае различных потерь на охлаждение между турбиной и нагревательной системой,

$$15\,587\,500 - (859\,928 + 103\,191 + 1\,505\,000) = 13\,119\,381 \text{ един. теплоты.}$$

Для турбины высокого давления с конденсацией принимается расход пара турбиной в $7,2 \text{ кг}$ на 1 кв/час , и, таким образом, требуемое для доставления этой турбине количество теплоты в 1 час составляет:

$$725 \times 7,2 \times 1\,000 = 5\,220\,000 \text{ единиц.}$$

Принимая выход конденсата из конденсатора при температуре в 30°C и потери на обратном пути к котлу в 5° , в котел поступает обратно:

$$25 \times 7,2 \times 1\,000 = 180\,000 \text{ един. теплоты.}$$

При одинаковых потерях в котельной установке и трубопроводе, как и в предыдущем случае, здесь котел высокого давления должен давать

$$\frac{5\,220\,000 - 180\,000}{1 - (0,25 - 0,013)} = 6\,838\,530 \text{ един. теплоты.}$$

При одинаковом количестве теплоты, потребной для отопления, как и в турбине с противодавлением, в котлах низкого давления должно образоваться

$$\frac{13\,119\,381}{647} \cong 20\,278 \text{ кг}$$

пара давлением 3 кг/см^2 , так как полная теплота этого пара составляет 647 единиц. При одинаковых потерях, как и в первом случае, и принимая во внимание, что из конденсата нагревательных приборов при

понижении температуры в трубопроводе на $70 - 60 = 10^{\circ}$ в котел обратно не поступает

$$10 \times 20\,278 = 202\,780 \text{ един. теплоты,}$$

определяется потребное от котлов низкого давления количество теплоты в

$$\frac{13\,119\,381 + 202\,780}{1 - (0,25 - 0,013)} \times 18\,076\,000 \text{ единиц.}$$

При сравнении полученных результатов для обоих случаев видно, что в то время как при одинаковой мощности и одинаковой отдаче пара для нагревательных целей в первом случае, т.-е. при турбине с противодавлением, путем сжигания топлива под котлом необходимо развивать в час $19\,400\,000$ единиц теплоты, это количество теплоты во втором случае, т.-е. при турбине высокого давления с конденсацией и котлах низкого давления, должно составлять

$$6\,838\,530 + 1\,807\,600 = 24\,914\,530 \text{ единиц}$$

или на

$$24\,914\,530 - 19\,400\,000 = 5\,514\,530 \text{ единиц}$$

больше, что при теплотворной способности топлива в $7\,000$ единиц теплоты на 1 кг угля соответствует излишнему расходу топлива в

$$\frac{5\,514\,530}{7\,000} = 787,8 \text{ кг в час.}$$

Из приведенного сопоставления видно, что при данных условиях экономически более выгодной является турбина с противодавлением. Лучшее использование теплоты в этой турбине следует объяснить преимуществами более высокого давления ее свежего пара (13 кг/см^2) относительно низкого давления (3 кг/см^2) в котле такого же давления.

2. Сравнение турбины с отбором пара и турбины высокого давления с конденсацией с отдельным образованием нагревочного пара в котлах низкого давления при равных условиях дает следующие значения.

При $1\,000 \text{ кв}$ электрической энергии и расходе нагревочного пара в $10\,000 \text{ кг}$ в час расход теплоты составляет:

$$1\,000 \times 14,2 \times 725 = 10\,295\,000 \text{ единиц,}$$

при чем расход пара в турбине с отбором пара принят, как видно из этого, в $14,2 \text{ кг}$ на 1 кв/час .

Через обратное поступление в котел конденсата с температурой 25°C получается

$$25 (14,2 \times 1\,000 - 10\,000) = 105\,000 \text{ един. теплоты.}$$

При потере в котле в 25% и потере в трубопроводе 1,3% турбина с отбором пара требует на решетке котла расхода

$$\frac{10\,295\,000}{1 - (0,25 - 0,013)} = 13\,826\,300 \text{ един. теплоты.}$$

Турбина высокого давления с конденсацией, как это было выяснено выше, требует расхода теплоты на решетке 6 838 530 единиц. 10 000 кг насыщенного пара давлением 3 кг/см² имеет теплоту парообразования

$$10\,000 \times 647 = 6\,470\,000 \text{ единиц.}$$

Так как, при этом помощью нагретого до 60° С проводимого в котел конденсата получается обратно

$$10\,000 \times 60 = 600\,000 \text{ един. теплоты,}$$

то при одинаковых потерях, как и выше, потребное количество теплоты определяется в

$$\frac{6\,470\,000 - 600\,000}{1 - (0,25 - 0,013)} = 7\,964\,700 \text{ единиц.}$$

Таким образом, турбина с отбором пара требует в час на (6 838 530 + 7 964 700) — 13 826 300 = 976 930 един. теплоты меньше; отсюда, при теплотворной способности угля в 7 000 един. теплоты получается сбережение угля

$$\frac{976\,930}{7\,000} \cong 140 \text{ кг в час.}$$

Отсюда, так как турбина с отбором пара для силовых и нагревательных целей расходует $1\,000 \times 14,2 = 14\,200$ кг пара в час давлением 13 кг/см² и температурой 300° С, а турбина высокого давления с конденсацией требует на себя расхода $1\,000 \times 7,2 = 7\,200$ кг пара того же давления и температуры для силовых целей, плюс для нагревательных целей отдельно 10 000 кг насыщенного пара давлением 3 кг/см², то даваемая турбиной с отбором пара экономия пара составляет

$$(7\,200 + 10\,000) - 14\,200 = 3\,000 \text{ кг в час.}$$

Если по результатам приведенных вычислений построить соответствующие диаграммы, то можно по ним наглядно видеть, в первом случае, что в то время как количество теплоты, потребной для повышения давления пара на каждый кг/см², не только весьма мало, но еще убывает с возрастанием давления, работа расширения пара при отдельных давлениях значительно возрастает с повышением давления. Таким образом, оказывается, что вместо того, чтобы образовывать нагревочный пар низкого давления, более выгодно производить пар высокого напряжения давления, и расширять его путем производства работы в турбинах

до низкого давления нагревочного пара. Во втором случае, сбережение пара возрастает с отбором нагревочного пара. Сбережение, начиная от отбора нагревочного пара в нуль, где машина работает как чистая турбина высокого давления с конденсацией, до небольшого отбора нагревочного пара, где она работает как турбина с противодавлением, — постоянно возрастает.

Турбины с противодавлением.

Турбина с противодавлением представляет собой машину высокого давления с отсутствующей частью низкого давления и соответственно более короткой строительной длиной.

В случае чисто активного или чисто реактивного конструктивного принципа число ступеней давления турбины меньше, соответственно меньшему тепловому напору. Однако, в большинстве случаев турбины с противодавлением строятся с обыкновенным колесом Кэртиса и двумя или тремя ступенями скорости, что обеспечивает большую простоту, причем диаметр колеса обуславливается высотой противодавления или величиной располагаемого напора.

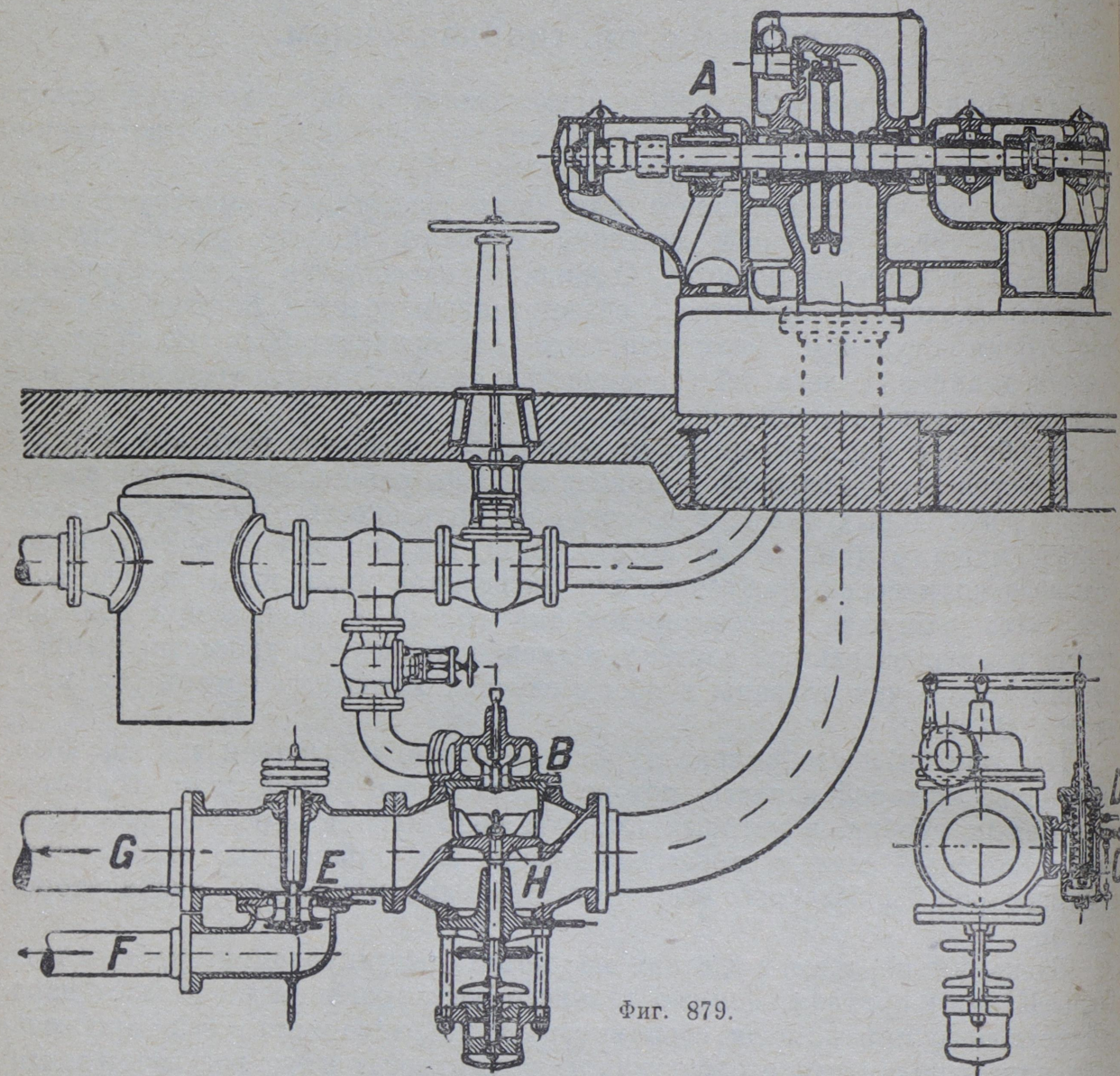
Турбина с противодавлением становится наиболее выгодной в условиях постоянно одинаковой и приблизительно равной потребности в паре для нагревательных целей, т.-е. когда эта потребность согласуется с мощностью машины (см. п. *F* на стр. 271), так как при отдаче турбиной большего количества требуемого для нагревания пара избыток его должен быть выпущен через предохранительный клапан, а при меньшей отдаче в нагревательную систему должен быть впущен дросселированный свежий пар, с чем связаны в обоих случаях известные потери (см. п. *E* на стр. 271).

На рис. 879 изображена турбина с противодавлением завода Този, устройство которой в части ротора идентично с устройством большинства малых турбин, в которых главную роль играет простота конструкции и которые служат преимущественно для приведения в движение компрессоров, небольших осветительных динамомашинок, вентиляторов и т. п.

Здесь мы обратим внимание на органы регулирования турбины типа Този. К этим органам, помимо главного регулирования для свежего пара, действующего при помощи сервомотора и устраиваемого в виде дроссельного или дополнительного регулирования, относится еще регулятор давления, автоматически регулирующий приток дросселированного свежего пара в трубопроводе нагревательной системы.

Регулятор давления состоит обычно из ртутного сосуда, жидкость которого поглощает давление отработавшего пара турбины *A* и передает его нагруженному пружиной *D* поршню *C* редукционного клапана *B* (фиг. 879). Клапан *B* находится в закрытом состоянии до тех пор, пока количество отработавшего пара соответствует потребности в нем со стороны нагревочной системы, причем закрытое состояние клапана поддерживается давлением отработавшего пара или соответственно давле-

нием ртути под поршнем. При чрезмерном понижении количества отработавшего пара и потому понижающегося его давления в регуляторе, пружина *D* оттягивает поршень *C* вниз, тем самым открывая клапан редукционный *B*, через который дросселированный пар устремляется в нагревательную систему. В том случае, если количество отработавшего пара слишком велико, то при превышении давления в нагревательной



Фиг. 879.

системе выше определенного предела, нагруженный пружиной предохранительный клапан *E* подымается, и избыточный пар устремляется в атмосферу через трубопровод *F*, тем самым частично разгружая трубопровод *G* нагревательной сети.

Через *H* отмечен автоматический обратный клапан, назначение которого — предупреждать обратное поступление влущенного через редукционный клапан *B* пара в часть турбины низкого давления, а вместе с тем — и разбег машины при внезапной сильной ее разгрузке, когда под влиянием этого разбега турбина могла бы пойти в разнос.

Турбины с отбором пара.

Большого различия между турбиной с противодавлением и турбиной с промежуточным отбором пара нет. Последний тип обладает преимуществом более легкой приспособляемости к требованиям переменной работы, а это допускает возможность изменения выработки силовой энергии и величины нагревочного пара независимо одно от другого. При выключенной от турбины нагревательной системе турбина с отбором пара работает, как чистая турбина высокого давления с конденсацией; в том же случае, когда турбина приблизительно весь отработавший пар отдает нагревательной системе, то она работает как чистая турбина с противодавлением.

Турбины с отбором пара строятся по принципу смешанных конструкций из высокого и низкого давлений. Часть низкого давления ротора, расположенная за местом отбора пара, предназначена для работы на случай отсутствия надобности в отработавшем паре для нагревательных целей (например, при ненужности отопления в теплое время года); когда же нагревательная система действует и турбина, следовательно, работает как чистая турбина с противодавлением, часть низкого давления в этом случае вращается в вакууме вхолостую, получая небольшое количество протекающего пара лишь для целей предупреждения сухой — без смазки — работы конденсационного насоса и для отвода теплоты трения от рабочих колес низкого давления.

В некоторых конструкциях турбин с отбором пара имеется еще приспособление для использования отработавшего пара в целях возможности одновременного получения нагревочного пара различных давлений (см. п. *G* стр. 271). В таком случае турбина работает одновременно как с отбором пара, так и с противодавлением.

Что касается отличия турбины с промежуточным отбором пара от турбины высокого давления с конденсацией, то по общему устройству это отличие выражается только местом отбора пара, которое обычно происходит за первой ступенью.

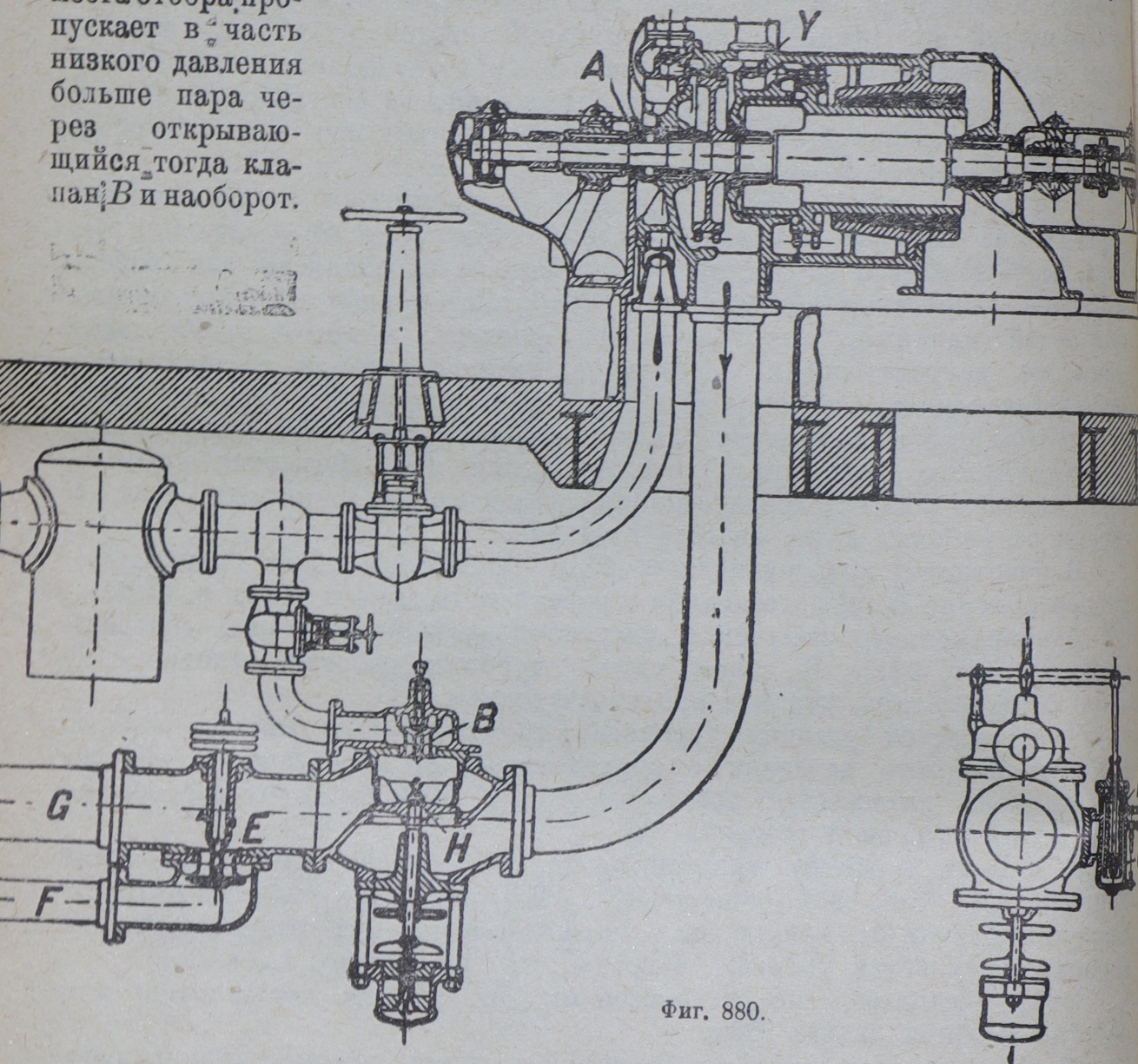
В данных турбинах предпочитают устройства с двумя колесами Кэртиса (см. фиг. 849, конструкция ВКЭ) или же смешанные активно-реактивные с одним или двумя колесами Кэртиса и чисто реактивными барабанами в части высокого и соответственно низкого давления.

Этот последний тип изображен на фиг. 880, где представлено устройство турбины завода Този.

Регулирующая часть в разбираемой турбине, помимо главного регулирования для свежего пара, имеющего то же устройство, что и на фиг. 879 снабжена еще перепускным клапаном, поддерживающим постоянное давление пара у места отбора, при чем это условие обычно предъявляется к отбору нагревочного пара. Клапан этот расположен между местом отбора и частью низкого давления турбины и отмечен на фиг. 880 через *У*. Перепускные клапаны имеют различное конструктивное выполнение у разных заводов, но работа всех их сводится к поддержанию некоторого определенного давления между, с одной стороны, давлением

пара в котле, и, с другой, — давлением у места отбора; вследствие изменения турбины количество пара увеличивается или уменьшается, а поступающее в нагревательную систему количество пара, напротив, уменьшается или увеличивается. При изменении потребного количества нагревочного пара происходит соответственное же явление. Когда для целей нагревания расходуется меньше пара, то возрастающее давление у места отбора пропускает в часть

низкого давления больше пара через открывающийся тогда клапан *B* и наоборот.



Фиг. 880.

Как и в конструкции по фиг. 879, здесь также имеется уже упомянутый редукционный клапан *B*, но он открывается поршнем регулятора давления *C* только в том случае, когда мощность турбины и давления пара в месте отбора продолжает еще понижаться после закрытия перепускного клапана.

Через *E* отмечен предохранительный клапан, действующий по указанному для предыдущей конструкции, равно как и автоматический обратный клапан *H*.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

Детали турбин и их обслуживание.

Турбинные валы. — Подшипники. — Сальники.

Турбинные валы.

Турбинные валы в настоящее время изготавливаются так называемой жесткой конструкции, т.-е. такой, где толщина вала обеспечивает превалирование критического числа оборотов над рабочим числом оборотов, так что сотрясения, обычно происходящие при переходе через критический момент здесь совершенно отсутствуют, а вместе с этим устраняются заедания вала о набивку направляющего колеса и сопряженный с ним износ валов и потери от пропусков.

Чтобы хорошо усвоить себе, что такое критическая скорость вала, несущего нагрузку, и какое значение она имеет для целостности ротора турбины, укажем, что если валу позволить вращаться с критической скоростью в течение определенного периода времени, то вибрации вала, происходящие наиболее сильно в этот момент, могут оказаться для него разрушительными.

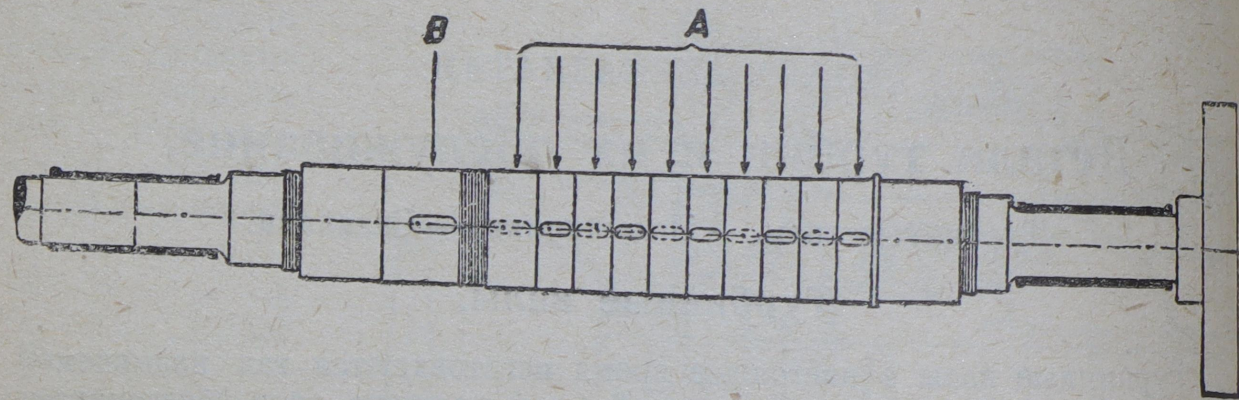
Явление вибрации, вообще довольно сложное для вычислений, относится к теории турбин и их проектированию, и поэтому мы здесь его касаемся лишь постольку, поскольку необходимо объяснение практической стороны дела.

В прежнее время большинство паровых турбин вращалось при скоростях выше критических. При пуске и остановке таких машин прохождение критической скорости было серьезнейшим моментом обслуживания и необходимо было добиваться всякий раз возможно спокойного прохождения ее машиной. При скоростях достаточно высоких или низких относительно критической зоны, все валы вращаются без всяких вибраций, что является несомненным фактом, кроме, конечно плохо уравновешенных.

В современном турбостроении, как уже было сказано, почти все валы проектируются настолько жесткими, что турбины работают нормально при скоростях значительно ниже критической скорости их валов. К этому нужно добавить, что вообще роторы лучших заводов в настоящее время тщательно уравниваются в сборочном цеху для максимального уменьшения опасности от вибрации.

По терминологии турбостроения рабочий вал называется жестким в том случае, если спроектирован для работы при нормальной скорости ниже критической; гибким валом будет такой, который предназначен для работы при скорости выше критической.

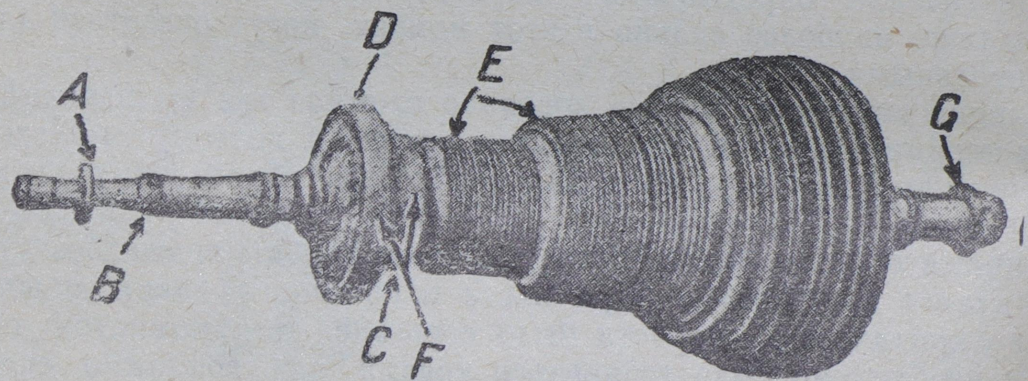
Небольшие и средние валы активных турбин почти всегда изготавливаются сплошными; частично средние и все крупные валы просверли-



Фиг. 881.

ваются, что делается из соображений уменьшения веса вала и соответственного трения, а также для возможности определения качества структуры стали внутри вала и облегчения его закалки. Валы же реактивных турбин вообще бывают пустотелыми.

Типичные конструкции турбинных валов, применяемые различными заводами, представлены на фиг. 881 и 882.



Фиг. 882.

На фиг. 881 имеем вал для турбины мощностью в 6 000 л. с., предназначенный для соединения с валом трехфазного генератора помощью эластичной муфты и делающего 1 500 оборотов в минуту. Места, отмеченные через 'A', предназначены для колес низкого давления (в числе десяти) общим весом в 4 000 кг; место 'B' — для установки колеса Кэртиса, весом в 550 кг. Вес собственно вала приблизительно равен 1 600 кг.

Фиг. 882 изображает ротор реактивной турбины типа Парсонса. Здесь через 'A' обозначено упорное кольцо; 'B' — шестерня привода для поворота вала; 'C' — уравнивающий поршень высокого давления; 'D' — уравнивающий поршень среднего давления; 'E' — лопатки; 'F' — лабиринтовые сальники; 'G' — соединительная муфта.

Материалом для турбинных валов всегда служит ковкая сталь с большим удлинением и сопротивлением на изгиб и кручение.

Рабочие колеса надвигаются на вал с одной или с двух сторон, причем для возможности подобного надвигания валы снабжаются соответствующими уступами. Насадка колес производится гидравлическим путем, для большей же безопасности колеса на валу закрепляются еще двумя шпонками. В некоторых конструкциях рабочих колес, главным образом колес Кэртиса, предусмотрено закрепление посредством конических втулок, что облегчает процесс сборки и разборки. Осевое перемещение колес (продольная игра) парализуется наличием гаек, втулок или уступов по обоим концам вала, причем гайки должны быть предохранены от развинчивания надежным способом.

В эксплуатации приходится иметь дело с турбинным валом главным образом в отношении точной установки его оси. Если вал правильно спроектирован и тщательно выполнен, то он практически не требует никакого ухода и не вызывает затруднений во время работы, за исключением, конечно, наблюдения за сохранением точной его установки.

Подшипники.

В паровых турбинах приходится различать два главных типа подшипников:

I. **Опорные**, т.е. поддерживающие турбинный вал в определенной горизонтальной плоскости, воспринимая на себя вес ротора и в то же время препятствуя всякому излишнему движению ротора кроме вращательного.

II. **Упорные**, удерживающие ротор от чрезмерного движения направления его оси.

В вертикальных конструкциях паровых турбин имеются еще нижние подпятники и промежуточные подшипники.

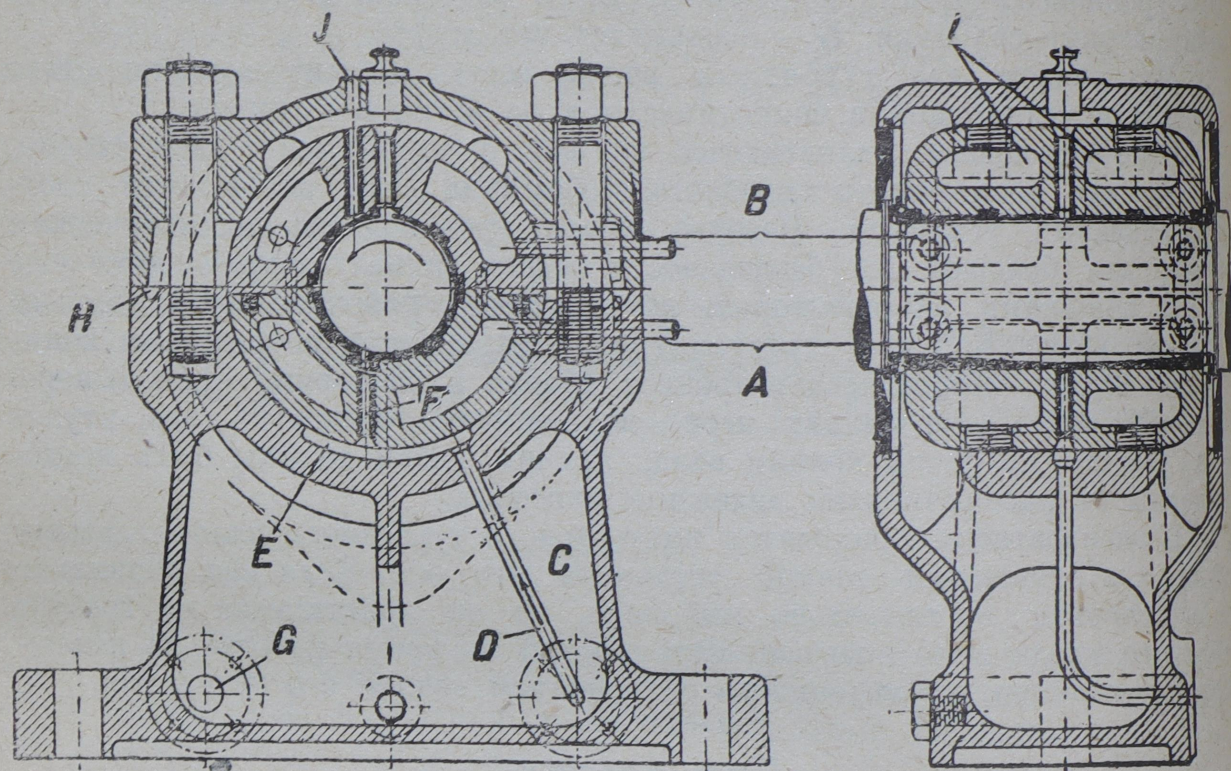
Здесь рассматривать подшипников вспомогательных приборов, как то: для установки регулятора, масляных насосов и т. п. мы не будем; по мере надобности они будут рассмотрены в соответствующих местах.

Классифицировать главные подшипники паровых турбин можно следующим образом:

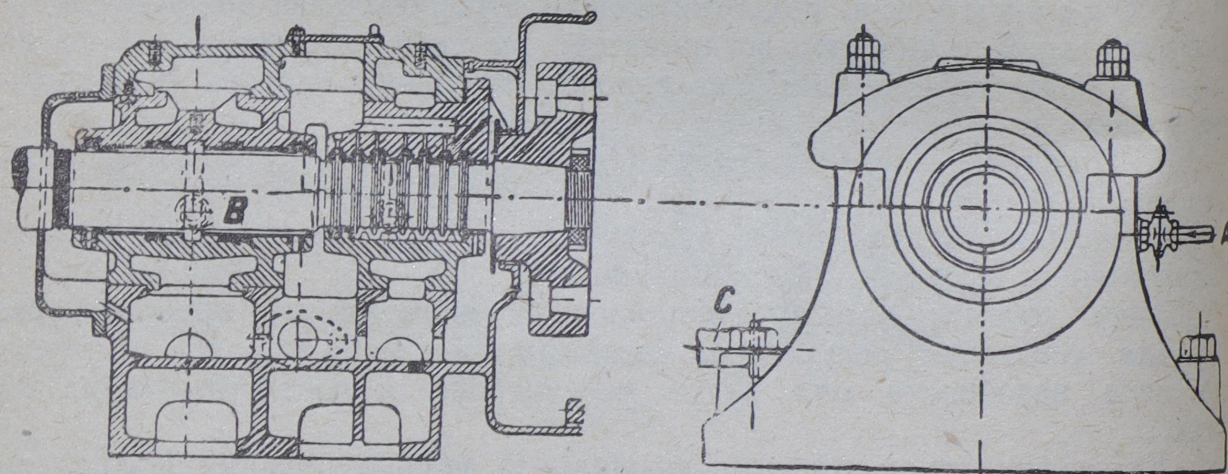
1. **Опорные подшипники**: а) обыкновенные подшипники (гибкие или жесткие); б) шариковые подшипники, состоящие из одного или двух рядов шариков.

2. **Упорные подшипники**: а) роликовые; б) гребенчатые с одним или многими кольцами; в) шариковые; г) системы Кингсбурри.

I. Опорные подшипники. На фиг. 883 показан обыкновенный опорный подшипник конструкции ВКЭ с непосредственным охлажде-



Фиг. 883.



Фиг. 884.

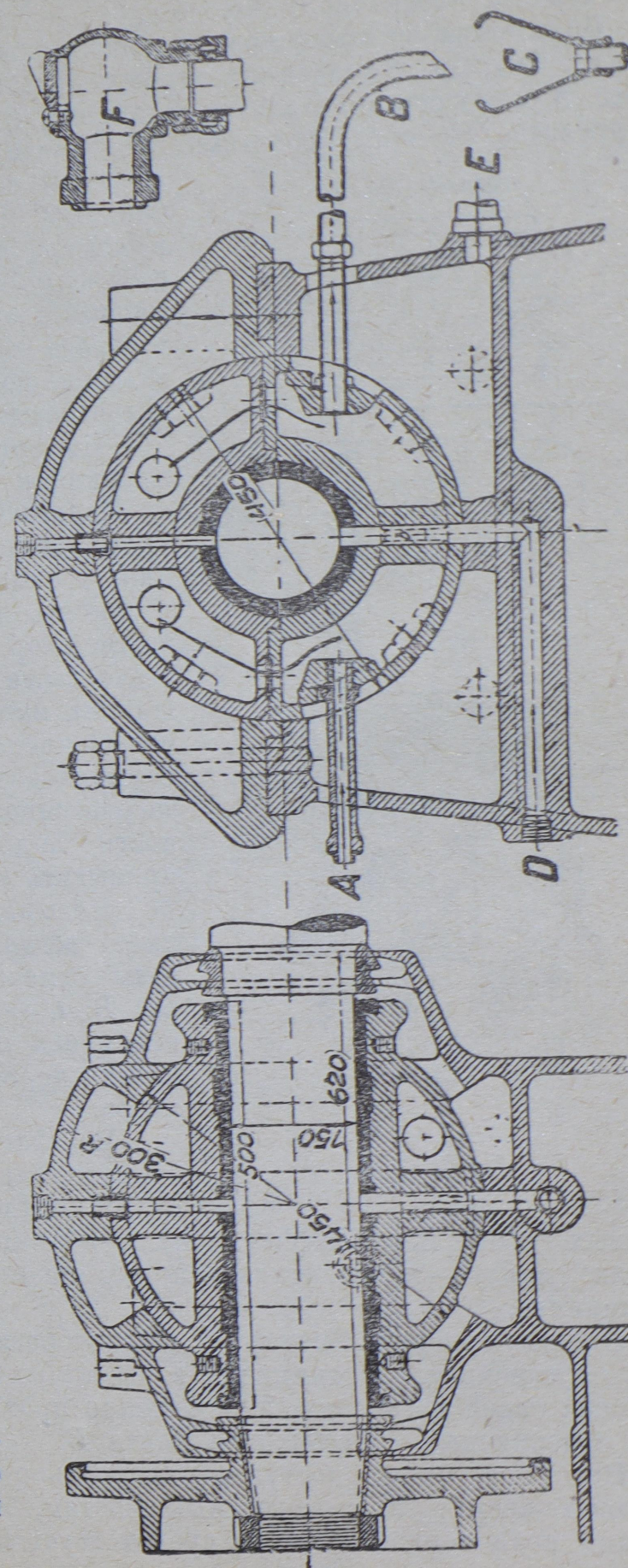
нием водой. Однако, более усовершенствованные современные конструкции подшипников охлаждаются тем же напорным маслом, которым производится смазка.

Впуск охлаждающей воды производится через А, причем вода поступает сначала в нижний вкладыш, а затем по соединительной трубе проходит в верхний вкладыш. Выпуск воды производится по трубе В.

Напорное масло из резервуара С по трубе D поступает в сборный паз Е нижнего вкладыша и через вертикальный проход F проходит в распределитель рабочей поверхности. Этот последний расположен перед серединой вкладыша по направлению вращения вала, что диктуется соображениями желательности притока масла к середине, как центру наибольшей нагрузки рабочей поверхности. Отвод отработавшего масла производится по обоим концам вкладыша в лапу подшипника, в которую снизу подходит отводная труба G. Вокруг крышечных болтов имеется паз Н, служащий для предупреждения выступания масла у стыка корпуса подшипника.

Два вкладыша, отлитые из чугуна, имеют разъем в горизонтальной плоскости, проходящей через их ось. Вкладыши сделаны полыми, в целях образования каналов I для циркуляционной воды. Рабочие поверхности вкладышей залиты баббитом.

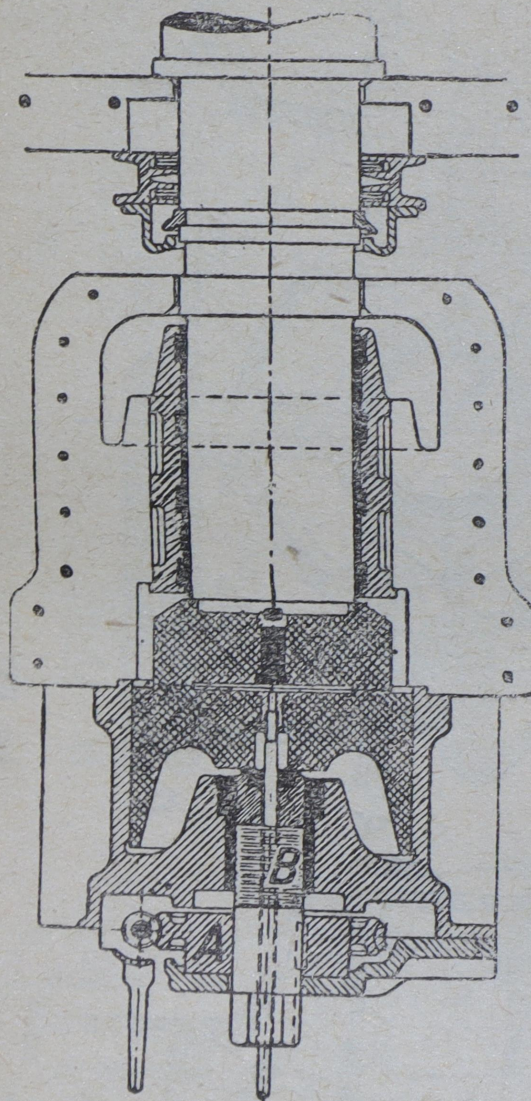
Вал прилегает к вкладышам, как обычно, только в нижней трети рабочей поверхности.



Фиг. 885.

Через *J* обозначен термометр.

Подшипник, смазываемый и охлаждаемый напорным маслом, показан на фиг. 834; он принадлежит турбине Целли. Впуск масла производится через *A* и по середине длины вкладышей в кольцевой канал *B* и затем распределяется через продольные желобки с постепенно уменьшающейся глубиной по всей рабочей поверхности. Стекающее по концам масло собирается в камере подшипника, включающей в себе здесь гребенчатый подшипник, служащий для закрепления вала от продольного движения. Выпуск масла производится по трубе *C*, монтированной у лапы тела подшипника.



Фиг. 834.

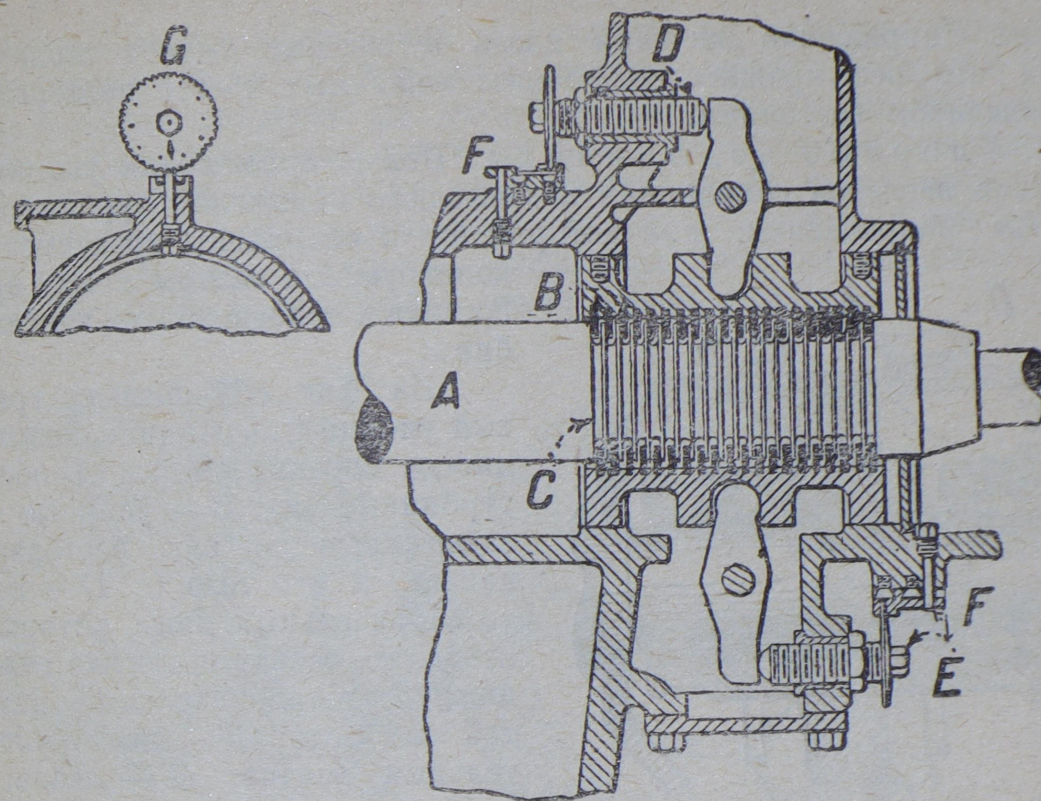
На фиг. 885 изображен шариковый подшипник конструкции завода Шкода в Пильзене. Шариковые подшипники применяются из соображений уменьшения трения и более легкой установки и замены, но находят применение в качестве опор турбин небольшой мощности, редко выше 200 л. с. Шариковый подшипник имеет тот недостаток, что при изношенности его нельзя ремонтировать, а приходится заменять новым. При загрязненности и небольшой изношенности подобные подшипники следует промывать керосином.

Подшипник, показанный на фиг. 885, имеет водяное охлаждение; поступление воды отмечено через *A*, сток ее — через *B*; *C* — сточная воронка. Поступление масла происходит через *D*; выход масла — через *E*; *F* — штуцер для стока масла.

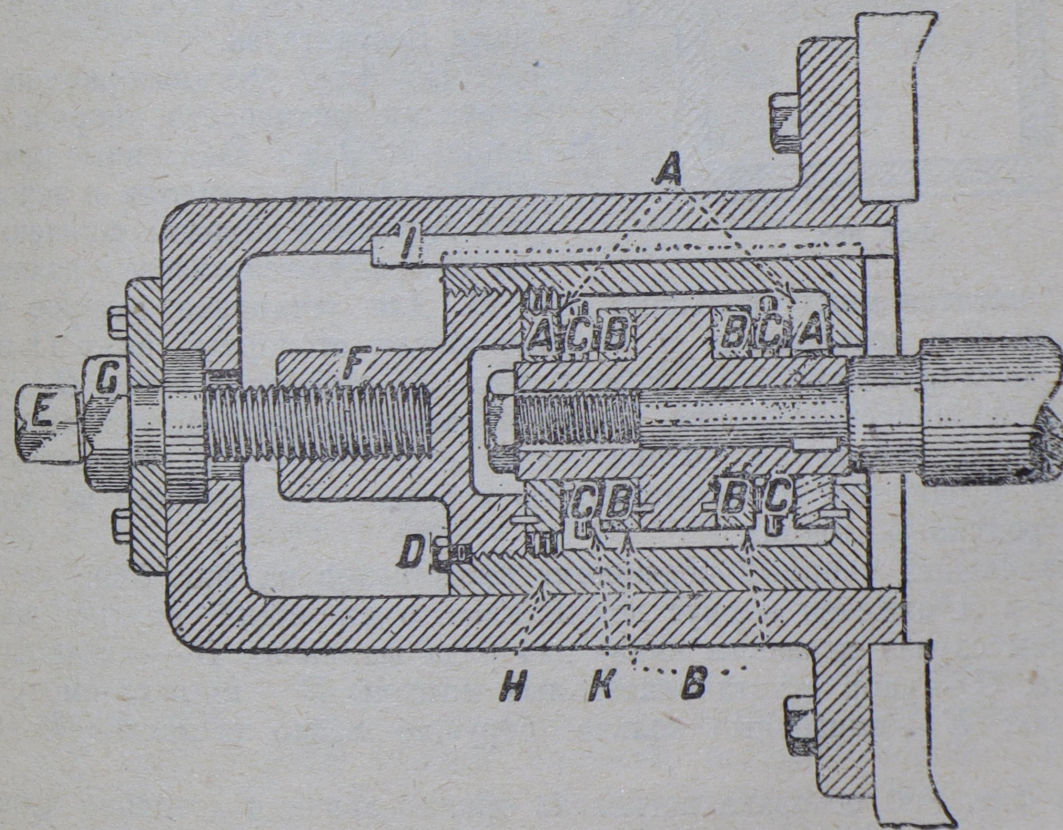
На фиг. 886 показано устройство промежуточного подшипника и нижнего подпятника, применяемого у вертикальных турбин Кэртиса (фиг. 848). Турбинный вал направляется в трех местах: внизу — в подпятнике, посередине и вверху — в промежуточном подшипнике.

Нижняя упорная плита с кольцеобразной рабочей выемкой может быть опускаема или поднимается в известных пределах для достижения точности своей установки; перемещение производится посредством червяка с червячным колесом *A* и винта *B*.

Напорное масло поступает центрально снизу и проходит последовательно кверху к смазываемым частям, причем расположенная под нижним подпятником набивка препятствует прониканию масла во внутрь



Фиг. 885.



Фиг. 886.

турбины. Напряжение давления масла в системе бывает столь значительно, что вес вращающейся массы машинных частей поддерживается в подвешенном состоянии.

II. Упорные подшипники. Целью применения упорных подшипников является сохранение надлежащего положения турбинного вала в осевом направлении, при котором будут сохранены предусмотренные конструкцией зазоры между вращающимися и неподвижными частями турбины.

На фиг. 887 показан гребенчатый упорный подшипник, называемый иногда морским. Через *A* обозначен турбинный вал; *B* — упорные кольца, задерживающие вал благодаря канавкам в его теле *C*; *D* — верхний установительный винт, которым производится осевая подвижка вала; *E* — нижний установительный винт для той же цели; *F* — замки установительных винтов; *G* — шкала, отмечающая положение верхнего установительного винта.

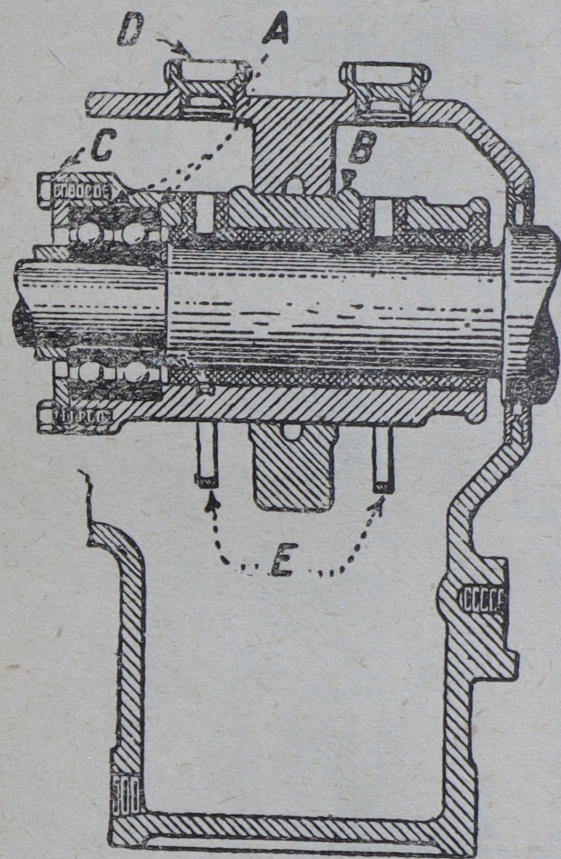
Конструкция применяется многими заводами, в том числе и заводами Вестингауза.

На фиг. 888 изображена конструкция роликового упорного подшипника. Здесь закаленные стальные кольца *A* удерживаются в неподвижном состоянии помощью шпилек; кольца *B* вращаются вместе с валом; ролики *C* катятся между кольцами *A* и *B*. Для установки зазоров между роликами *C* и кольцами *A* и *B* вывертывают стопорный винт *D* и вращают регулирующий болт *E* с винтом *F*; стопорная гайка *G* служит для обеспечения закрепления. Таким образом, осевое перемещение вала и установка положения ротора достигается болтом *E*, перемещающим упорный подшипник *H*, сдвигающийся в осевом направлении по шпонке *I*. *K* — роликовые опоры.

Шариковый упорный подшипник представлен на фиг. 889.

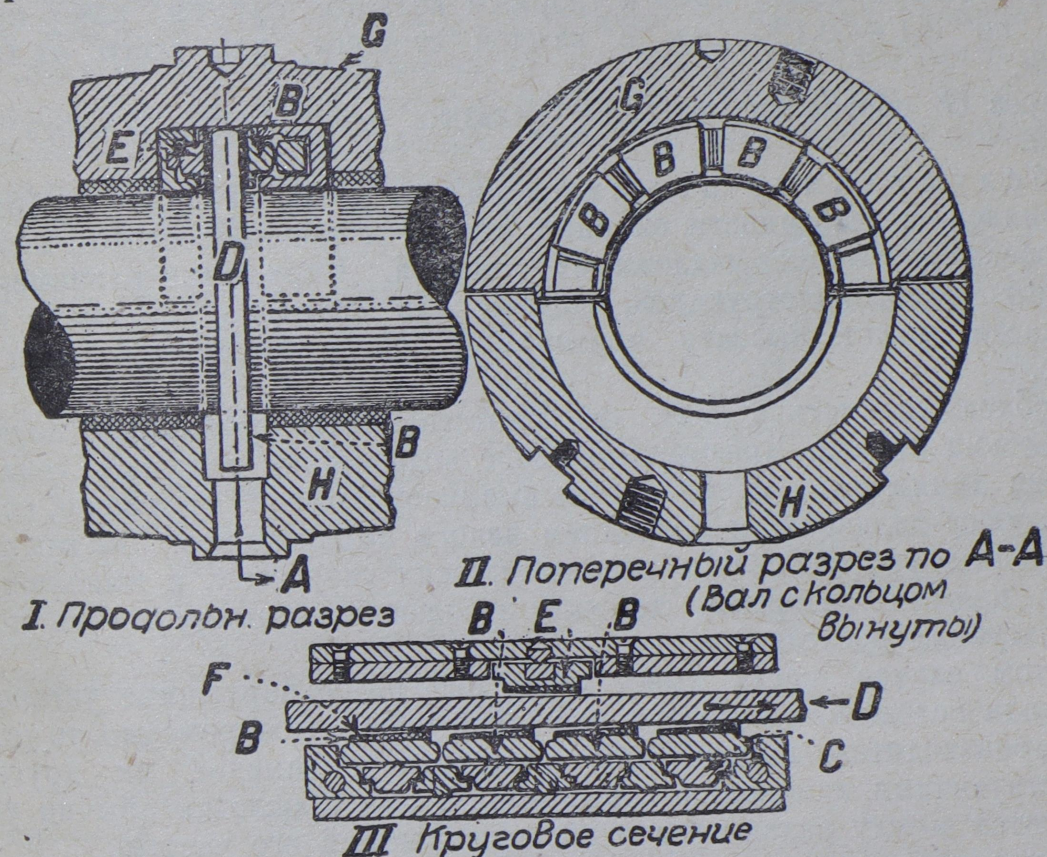
Через *A* отмечен корпус подшипника, содержащий внутри шарики (в данном случае показаны внизу два ряда шариков); *B* — вкладыш подшипника; *C* — упор с установительным винтом; *D* — крышка смотрового отверстия; *E* — смазочные кольца, берущие масло из масляной ванны снизу.

На фиг. 890, показана несколько оригинальная и довольно сложная конструкция упорного подшипника системы Кингсбури, применяющаяся главным образом в американских турбинах.



Фиг. 889.

Действие этого подшипника рассчитано на выдерживание упора в направлении стрелки *A* (фиг. 890) воспринимаемого упорными подушками *B*, которые покоятся на опорных выступах уравнивающих подушек *C*. Назначение последних состоит в равномерном распределении давления от каждой упорной подушки на кольцо *D*, насаженное в горячем состоянии на вал и вращающееся вместе с ним. Одна упорная подушка *E* помещена на стороне, противоположной направлению упора, чем ограничивается всякое осевое перемещение вала.



Фиг. 890.

Если какая-нибудь часть кольца *D* будет стремиться оказать на одну из упорных подушек большее давление, то уравнивающая подушка *C*, служащая опорой этой последней, прижимается книзу. Подобное положение заставит две соседних уравнивающих подушки несколько переместиться, а это вызовет подъем вверх следующей упорной подушки ближайшими к ней уравнивающими подушками. Вследствие этих взаимодействующих перемещений, полный упор, оказываемый кольцом *D* в направлении *A*, всегда распределяется равномерно между всеми опорами. Точно так же полный упор на любую из упорных подушек равномерно распределяется по поверхности ее и, таким образом, всякая небольшая часть поверхности каждой упорной подушки всегда участвует в выдерживании упора. В результате подобного устройства достигается автоматическая подача в пространстве (зазоре) *F* клинообразного слоя масла, чем во всякое время обеспечивается хорошая смазка.

Упорный подшипник системы Кингсбури может быть заключен во вкладыше опорного подшипника, как это показано на фиг. 890, но может быть собран в отдельном корпусе на конце вала. В этом случае осевая установка ротора производится вращением перестановочного винта, который передвигает особый ползун, сдвигающий за собой упорный подшипник. Перестанавливающая система монтирована у свободного конца турбинного вала.

Упорные подушки подшипника можно также устанавливать на правильность зазора между ними и упорным кольцом, причем зазор принимается по 0,1—0,120 мм с каждой стороны, или всего от 0,2 до 0,25 мм.

Через *G* обозначен верхний вкладыш подшипника, а через *H* — нижний.

Обслуживание подшипников. Обслуживание турбинных подшипников, в особенности опорных, сводится главным образом к надежному обеспечению их надлежащей смазкой. Нарушение равномерной, предусмотренной конструкцией, подачи или заметное ухудшение качества масла может вызвать чрезмерный износ подшипника или его горение.

Необходимо иметь в виду, что ответственность турбинных подшипников весьма велика. Чрезмерный износ подшипника нарушает точность установки линии вала, а это обычно вызывает большую вибрацию, сопровождающуюся дальнейшим усилением износа подшипников. Так как паровые турбины работают при весьма высоких скоростях, и выполняются с очень малыми зазорами, то уже небольшая величина износа может иметь пагубные последствия.

В том случае, когда имеет место небольшое нарушение установки линии вала вследствие износа и оно обнаружено своевременно, то устранение производится выниманием прокладок и заменой их другими, соответствующими изменению соотношений. Эти прокладки обычно устанавливаются между вкладышем и поддерживающей его частью.

Появление опасного износа в нижнем вкладыше подшипника вызывает целый ряд нарушений, из коих отметим: *a)* изменение установки оси подшипника; *b)* возможность соприкосновения между некоторыми вращающимися и неподвижными частями турбины; *c)* появление расстройств питания смазкой и нагревание из-за этого по причине закупорки в каком-нибудь месте смазочной канавки заплечиком и т. п.; *d)* образование излишнего зазора в верхнем вкладыше, могущем вызвать вытекание масла; *e)* возможность задирання шейки вала твердыми частицами баббита.

Средством исправления вкладышей в результате износа или подплавки является перезаливка старого вкладыша или замена его новым.

Способов перезаливки вкладышей существует много и о них обычно бывает довольно хорошо осведомлен обслуживающий персонал. Отметим здесь, что при перезаливке опорного подшипника необходимо стремиться к возможно большему сохранению первоначальных размеров и формы самого подшипника, если они известны.

В том случае, когда первоначальные размеры старого подшипника утеряны, то заливка может быть произведена следующим образом.

Вкладыши заливаются баббитом по диаметру шейки, т.-е. чтобы радиус шейки соответствовал бы радиусу внутренней части подшипника (фиг. 891 *A*), после чего прорубаются шабером смазочные канавки, две или одна, в зависимости от конструкции (в некоторых конструкциях предусматривается одна канавка, расположенная сверху вкладыша). Размеры канавок зависят от величины подшипника и бывают обычно около 3 мм глубиной и 10 мм шириной, причем выход их концов должен оканчиваться приблизительно на 15 мм до кромки подшипника, чем предупреждается излишняя утечка масла из подшипника. Края канавок не должны иметь острых кромок. Расположение канавок в подшипниках с усиленной смазкой определяется положением отверстий для входа и выхода масла.

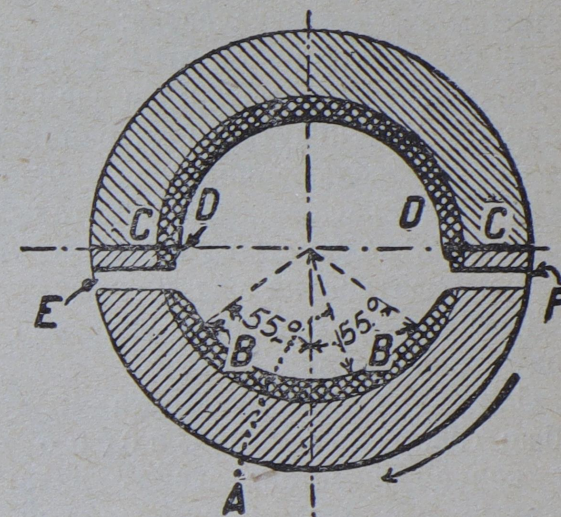
Когда канавки прорублены, нужно пригнать подшипник к шейке вала. Сначала пригоняется нижний вкладыш, для чего устанавливается на место соответствующая половина подшипника. Пришабривание ведется так, чтобы приблизительно на 55° (фиг. 891) с каждой стороны от вертикальной диаметральной плоскости подшипника получилось полное прилегание к шейке и не оставалось бы при этом каких-либо выступающих участков (проверка по краске). Затем, от границ пригнутой к шейке поверхности (*B—B*) до нижних кромок канавок (в направлении к месту раздела вкладышей) баббит слегка снимается для образования некоторого клиновидного пространства, в котором будет циркулировать слой масла (вход масла *E*, выход — *F*).

Зазор между шейкой и верхним вкладышем должен составлять около 0,02 мм на каждый см диаметра шейки, при чем образование зазора достигается вставлением прокладок *C—C* между вкладышами.

Наконец, в местах *D—D* снимается как и выше, некоторая часть металла на конус для образования пространства для масляного слоя.

Зазор между шейкой и вкладышем должен соответствовать нужному проходу масла; если он будет заметно уменьшен, то проход масла этим затруднится и наоборот, при чрезмерном увеличении — может получиться утечка масла.

Постоянную величину зазора нужно знать. Желательно измерить ее в нормальных условиях и этим руководствоваться в последующих пригонках. Измерение производится посредством свинцовой проволоки, заложенной между шейкой и верхним вкладышем и затем плотно сжатой крышечными болтами. Вынутая затем проволока измеряется микрометром и полученный размер записывается.



Фиг. 891.

В прошлом ни одна, может быть, сторона обслуживания турбин не являлась столь трудной и хлопотливой, чем смазка. В настоящее время конструктивных затруднений уже не существует, так как разработаны и применяются усовершенствованные системы питания турбин смазкой, и все дело сводится к поддержанию в надлежащем состоянии данной системы и питаемых ею органов.

Для обеспечения удовлетворительной смазки турбинных подшипников можно формулировать следующие четыре основных требования:

- 1) обеспечение подвода масла к подшипникам надлежащим образом;
- 2) поддержание в полной исправности и чистоте всех органов смазывающей системы;
- 3) применение масла только соответствующего химического состава и притом высокого качества;
- 4) поддержание чистоты и надлежащего физического состояния.

Задача смазки трущихся элементов подшипника состоит в том, чтобы, во-первых, достигнуть образования слоя масла между ними и тем самым обеспечить скольжение между частицами масла, но не непосредственно между соприкасающимися металлическими поверхностями; во-вторых, отводить из подшипника образующуюся в нем от трения теплоту, которая может передаться на вал и вызвать неприятные последствия. Наличие в подшипнике с кольцевой смазкой водяного охлаждения способствует отводу этого тепла.

Способов подвода масла к турбинным подшипникам существует, вообще говоря два: 1) Способ кольцевой смазки, при котором кольцо облегает шейку вала, свешиваясь своей нижней частью в резервуар с маслом, помещенный в опоре подшипника. При своем вращении вал вовлекает в движение и сидящее на нем кольцо, которое подает набранное в резервуаре масло на верхнюю часть шейки, откуда оно распределяется по рабочей поверхности вкладышей. Охлаждение масла достигается через теплоотдачу подшипника и резервуара, усиливаемую иногда присутствием циркулирующей в подшипнике охлаждающей воды. Кольцевую смазку применяют в турбинах сравнительно небольшой мощности (примерно до 350 л. с.). 2) Способ циркуляционной смазки, при которой подача и отведение масла производится через центральную систему при помощи трубопроводов. При циркуляционной смазке нагнетание масла в подшипник может производиться двумя путями: а) под воздействием напора столба масла самотеком и б) под воздействием напорного насоса. Циркуляционная смазка подшипников применяется почти во всех турбинах мощностью свыше 300 — 350 л. с., а иногда и в малых машинах.

Смазка шариковых подшипников производится или по способу кольцевой смазки или по способу густой смазки (салом), подаваемой к подшипникам из специальных масленок типа Штауффера. К последнему способу приходится вообще отнести отрицательно за исключением тех случаев, когда турбине приходится работать в очень пыльном помещении, в которых условиях вал предохраняет подшипники от пренебрежения в них грязи.

Масло для турбинных подшипников должно обладать определенными химическими и физическими свойствами. Ни в коем случае не должна иметь места экономия на качестве турбинных масел уже по одному тому, что расход масла в турбинах весьма невелик, так как оно не смешивается и не уходит с паром или конденсатом, как это наблюдается в поршневых паровых машинах, а остается целиком в системе и после очистки используется по нескольку раз.

Сорта и марки минеральных масел для турбин производства Нефте-синдиката мы приводим в гл. XVI, каковыми нормами и надлежит пользоваться.

Отметим здесь, что особенно нежелательны для смазки турбинных подшипников образующие эмульсию и разъедающие сорта масел, так как они помимо вредного влияния на металл смазываемых частей, почти всегда создают липкую грязь, забивающую сетки, проходы и трубы охладителей, тем самым нарушая нормальное функционирование системы.

В турбинах, имеющих склонность к чрезмерным вибрациям, или в тех, кои используют одно и то же масло в подшипниках и зубчатых передачах, рекомендуется пользоваться более тяжелыми сортами масла.

О практических методах поддержания чистоты и доброкачественности масла при повторном его использовании говорилось выше.

Сальники.

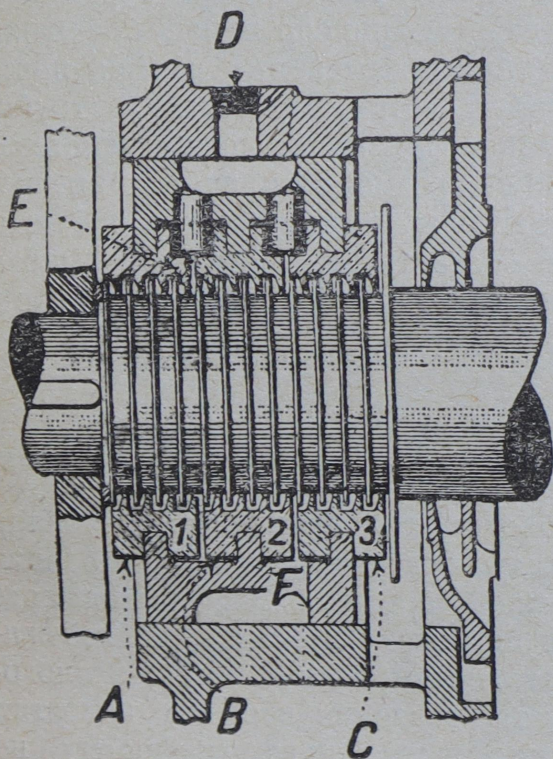
Конструкции турбин вызывают необходимость применения сальников в местах, где имеются зазоры между вращающимися и неподвижными частями при сообщении с наружной средой. Так, при выходе конца вала из корпуса турбины в части высокого давления, во избежание чрезмерной утечки пара, должен быть монтирован сальник; в многоступенчатых машинах при неодинаковости давления в обеих полостях ротора имеется стремление к просачиванию пара через диафрагму по окружности вала, а потому и здесь необходимо какое-нибудь сальниковое уплотнение; наконец, при работе турбины с конденсацией давление пара в месте выпуска меньше атмосферного, вследствие чего во избежание проникания воздуха внутрь турбины и ухудшения этим вакуума устраивается сальник вокруг вала у прохода его через выпускной конец турбины.

Практика сальниковых уплотнений поршневых паровых машин не может быть использована в паровых турбинах, так как в рабочем валу последних отсутствует переменное поступательно-возвратное движение поршневого штока, как впрочем и самый шток, и поэтому нет места периодическому охлаждению через лучеиспускание в выступающем конце или регулярному — через циркуляцию воды в теле штока. Таким образом, в паровых турбинах возникает серьезная задача отвода теплоты трения и проч. другими способами.

Различают четыре главных типа сальниковых уплотнений, из коих два первых имеют наиболее широкое распространение, третий встре-

чается реже, а от четвертого в современном турбостроении по возможности совсем отказываются. Эти представители следующие:

- 1) Сальник с лабиринтами, набивкой для которого служит самый пар, давление которого в лабиринтах дросселируется.
- 2) Сальник с графитовой (угольной) набивкой, составленный из нескольких частей угольных колец.
- 3) Сальник с центробежным водяным затвором, набивкой для которого служит вода.
- 4) Сальник с лабиринтовой металлической набивкой, или набивочная коробка, уплотнение в котором достигается металлическими кольцами



Фиг. 892.

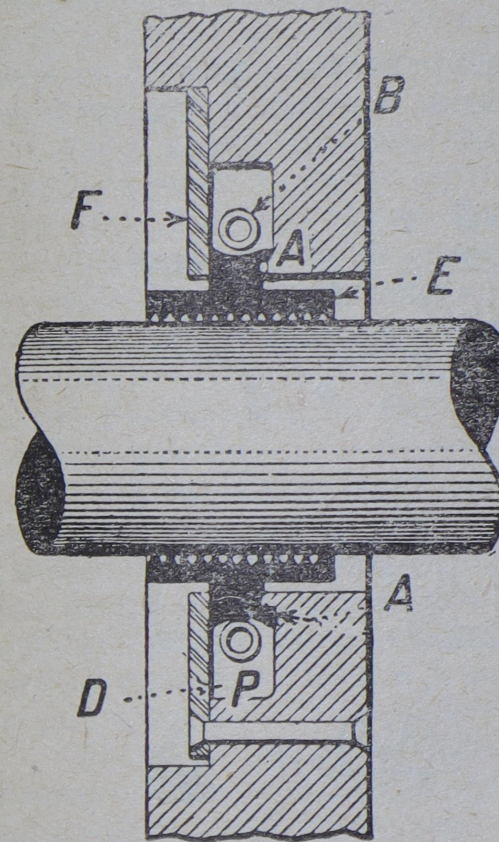
Встречаются два типа лабиринтовых сальников: а) двойные, состоящие из круговых колец (гребней), сидящих на валу и входящих в круговые пазы неподвижного элемента, и б) обычные, состоящие из ряда неподвижных круговых гребней, имеющих вид зубьев пилы, вершины которых плотно пригнаны к поверхности гладкого вала.

Двойной тип обычно предназначается: 1) для предупреждения утечки пара через уравнивающие поршни в реактивной турбине, причем лабиринтовая набивка уравнивающих поршней может быть как с осевыми, так и с радиальными зазорами; 2) для предупреждения утечки пара или воздуха вокруг вала у паровпускного или паровыпускного концов активной турбины. При работе турбины без конденсации, и притом на значительное противодействие, потеря пара уменьшается при проходе через лабиринт; когда турбина предназначена для работы с кон-

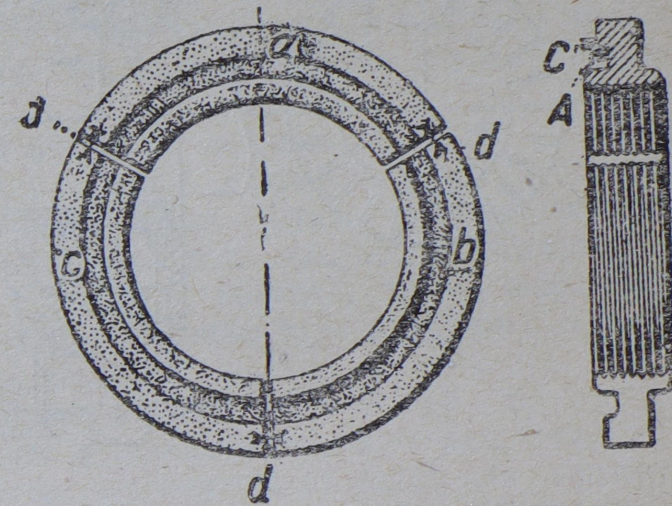
Сальники лабиринтового типа предназначены для пропускания через них пара по длинному извилистому пути; в этом случае вал (или насаженное на нем кольцо) и охватывающая его втулка снабжаются выступающими гребнями так, что поступающий из кожуха пар должен последовательно проходить по узкой щели и по расположенному между каждыми двумя последовательно щелями уширению. Пар при проходе своим через щели подвергается ускорению, а в расширенных местах приобретенная им скорость снова уничтожается вихревыми движениями с преобразованием в теплоту. Таким образом, уменьшение давления и сопротивление трения, образующиеся при проходе достаточного числа лабиринтов, постепенно тормаживает пар до противодействия, допускаемая вместе с тем утечка только небольшого количества пара.

денсацией, проникновение воздуха в ее корпус предупреждается паровым затвором.

На фиг. 892 представлена конструкция двойного лабиринтового сальника, где через *A*, *B* и *C* обозначены кольца; *D*—место ввинчивания паровыпускной атмосферной трубки; *E*—выпуск набивочного пара в сальник; *F*—продувка.



Фиг. 893.



Фиг. 894.

попадать в турбину, а другая—во внешнюю среду. В последнем случае воздух не сможет попасть в то же самое время в турбину, а в первом случае пар, протекающий в нее, никакого влияния на вакуум не имеет, какое имел бы воздух, если бы ему была дана возможность попасть туда.

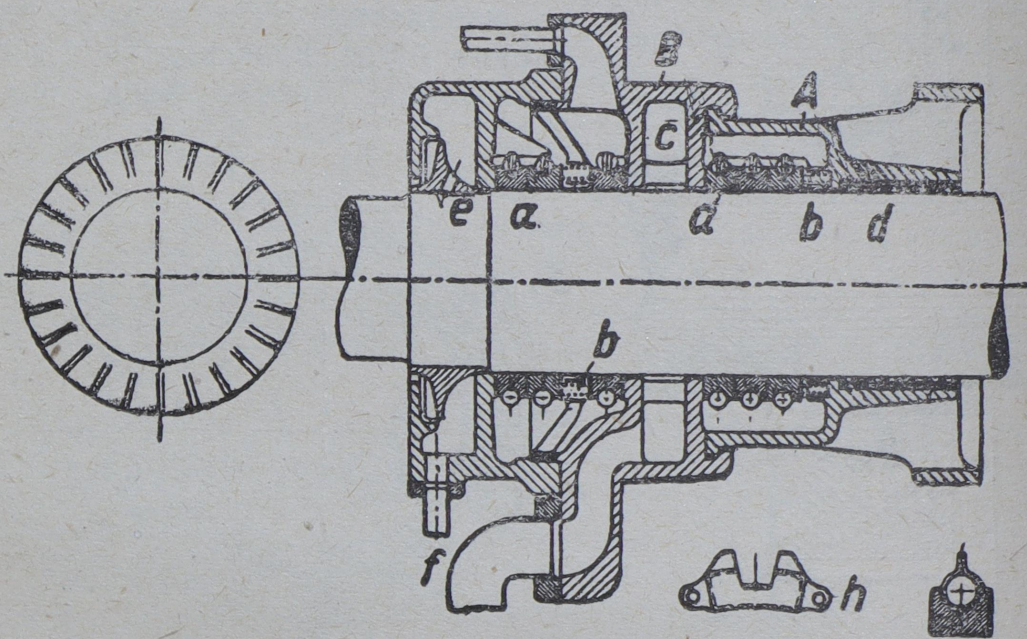
Как видно из фиг. 892, продувание *F* устроено между вторым и третьим кольцами, а пар впускается между первым и вторым. Отводящая трубка *D* присоединена вверху, через которую продувочный пар может отводиться и в бассейн питательной воды, если он имеет сообщение с окружающим воздухом.

При работе на конденсацию труба парового затвора с монтированным в ней клапаном подводится к месту *D*; клапан в работе устанавливается таким образом, чтобы утечка пара через продувание не была высокой.

К преимуществам двойного лабиринтового сальника нужно отнести чрезвычайно малое сопротивление, оказываемое протекающим паром вра-

щению вала, и отсутствие трущихся поверхностей, благодаря чему сальник имеет продолжительный срок службы. Недостаток его состоит в трудности установки и поддержания при работе крайне небольших зазоров, а также в некоторой потере пара. Если произойдет задевание и сальник будет поврежден, то в большинстве случаев требуется установка нового сальника, а это вызывает большие трудности в работе и дорого обходится.

На фиг. 893 изображен ординарный лабиринтовый сальник, который может состоять из одного или нескольких металлических колец, свободно поддерживаемых заплечиком *A* в набивочной камере *D*.



Фиг. 895.

Металлическое набивочное кольцо для этого сальника отдельно показано на фиг. 894.

Каждое из колец составлено из трех равных частей *a*, *b*, *c*, соединенных между собою круговой спиральной пружиной *B* (фиг. 893 и 894), причем одна из этих частей снабжена стопорным прижимом *F* в предупреждение вращения кольца вместе с валом. Конструкция предусматривает плотный обхват вала кромками выступов *E* кольца и притом так, чтобы фланец *C* (фиг. 894) не касался заплечика *A* в набивочной камере *D*. В холодном состоянии имеющийся зазор *d* между частями кольца составляет около 0,125 мм; под влиянием расширения при прогревании турбины кольца расширяются, зазор исчезает и в результате получается сплошная окружность кольца. Вал при работе стачивает острия гребней до тех пор, пока фланец *C* не будет примыкать к пригнанному заплечику *A*, так что получается плотно пригнанный лабиринтовый сальник.

Применение рассматриваемого типа сальника ограничивается некоторыми активными турбинами малых мощностей для уплотнения как

паровпускных, так и паровыпускных концов, а также и диафрагм. В случае применения в турбине с конденсацией, сальники получают паровую набивку, как в предыдущей конструкции.

Ординарные сальники допускают уплотнение в целях устранения износа стачиванием опоры фланца *A* кольца и последующим опиливанием концов частей его так, чтобы между ними получился правильный зазор (около 0,125 мм). Однако, работы эти очень серьезны и производить их следует с особой осторожностью, во избежание нарушения концентричности и нужных зазоров у концов.

Когда концы гребней изнашивались уже настолько, что их острия заметно уширились, нужно проточить канавки между зубцами, в результате чего последние снова станут на свое место.

Применяемые в сальниках угольные (графитовые) кольца изготавливаются обычно тоже из трех частей, как и металлические кольца; отдельные части колец соединяются между собою посредством змеевидных пружин, легкие замки которых (фиг. 895—*h*) входят в уступы и вырезы колец и нажимают на вал легким давлением. Кольца эти не требуют никакой смазки.

Фиг. 895 представляет собой подобный сальник высокого давления, имеющий две группы *a—a* по три кольца в каждой и, кроме того, еще добавочную лабиринтовую втулку *d*. Первая группа помещается в неразъемном кожухе *A*, а вторая—в разъемном кожухе *B*. Спиральные пружины *b—b*, направляемые в распорных кольцах, через заложенные шайбы нажимают кольца в осевом направлении одно к другому, а также к соответствующим поверхностям кожуха.

Поступающий в промежуточное пространство с пар по особому соединению направляется по трубе к сальнику низкого давления. При недостатке набивочного пара приток его берется от одной из промежуточных ступеней турбины, в которой при нормальной нагрузке существует некоторый избыток давления и с которой вышеуказанная питающая труба соединена вентилем; в случае избытка набивочного пара, при помощи той же трубы с вентилем этот избыток может быть отведен в турбину для использования в работе.

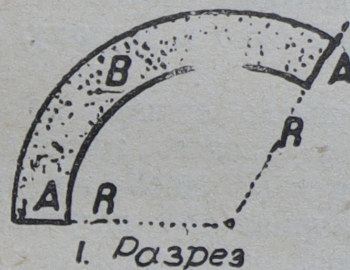
При изношенности колец, во время пуска турбины в ход, когда в ней существует пониженное давление, сальнику высокого давления в качестве набивочного пара доставляется свежий пар, чем предупреждается проникание воздуха. В паровое пространство *d* второй группы колец, в случае надобности, точно также может быть подан запорный пар. В предупреждение выхода этого последнего вдоль вала, крыльчатое кольцо *e* засасывает воздух и нагнетает его вместе с частично просачивающимся запорным паром через трубу *f*, конец которой опущен в воду ниже уровня ее поверхности.

Конструкция сальников с угольными кольцами изменяется в зависимости от условий, в которых им приходится работать. Подобный сальник применяется для уплотнения паровпускного и паровыпускного концов турбин всех типов, равно как и для уплотнения диафрагмы многоступенчатых машин.

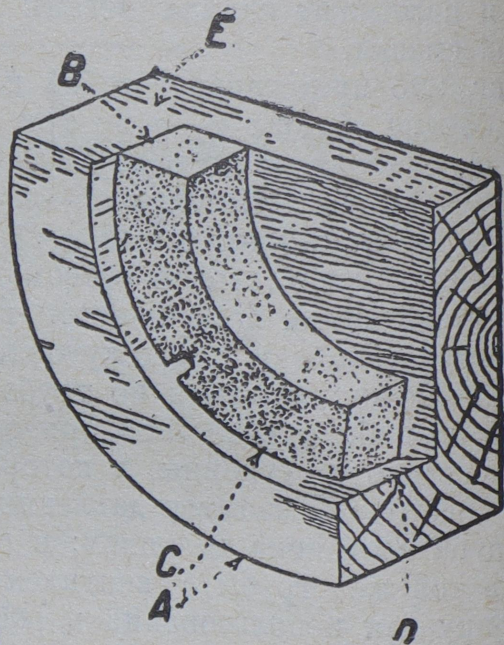
Пригонка угольного кольца обычно производится при помощи шаблона, диаметр которого должен в точности соответствовать тому размеру, по которому должно быть пригнано кольцо. Шаблон можно приготовить из куска газовой трубы, могущей быть легко обточенной до нужного диаметра; по этому шаблону и пригоняется кольцо.

Правильный диаметр может быть определен по величине необходимого радиального зазора между угольным кольцом и валом. Величина зазора должна быть около 0,02 мм на каждый см диаметра вала в холодном состоянии; при нагревании турбины до рабочего состояния общий зазор достигает примерно 0,0225—0,0250 мм. При высоком давлении и перегреве пара, в холодном состоянии, радиальный зазор предусматривается около 0,03 мм на каждый см диаметра вала в холодном состоянии.

Для небольших турбин (примерно до 100 л. с.) кольца растачиваются по валу в холодном состоянии, сначала приблизительно; после нескольких часов работы кольца несколько стираются и тем самым получают износ до нормального размера, в результате чего получается весьма точная пригонка. Если бы подобная операция пригонки была проведена в крупной турбине, то не исключается возможность сильного нагревания и вибрации вала при заедании его кольцами.



Фиг. 896.



Фиг. 897.

Ширина канавки в корпусе сальника, измеренная в осевом направлении, или, как говорят, осевой зазор, должен быть от 0,075 до 0,150 мм. Этой величиной определяется превышение ширины канавки в осевом направлении относительно осевой толщины угольного кольца. Точность пригонки имеет значение в том смысле, что если зазор слишком мал, появление грязи и ржавчины могут вызвать заедание кольца, а если он велик, то давление пара не сможет удерживать кольцо плотно прижатым к стенке канавки и пар будет протекать снаружи кольца.

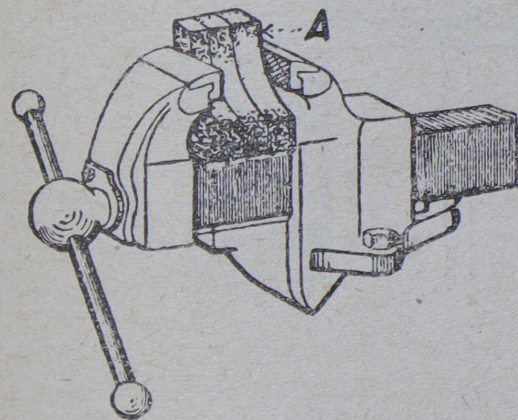
Повторная пригонка угольного кольца при значительном износе достигается уменьшением внутреннего диаметра, которое выполняется снятием напильником мест соединений, как это показано на фиг. 897,

и последующей расточкой так, чтобы внутренняя поверхность кольца оказалась правильной окружностью надлежащего диаметра. При незначительности износа кольца, когда нет необходимости уменьшать внутренний диаметр более чем на 0,100—0,125 мм, вторичная расточка является излишней. В этом случае поверхности соединений на сегментах кольца могут быть опилены и кольцо собрано по валу, а в работе машины вал приобретает внутреннюю поверхность до правильной окружности.

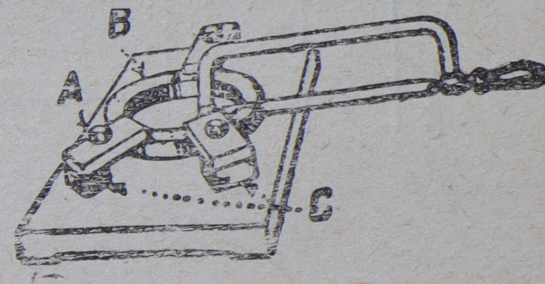
Производя работу опиловки поверхности соединений кольца, необходимо достигнуть правильности обработки поверхности каждого соединения, как это показано на фиг. 896, где плоскости *A* перпендикулярны к плоскости *B* и совпадают с направлением радиусов *R*.

В целях облегчения получения правильной поверхности при опиловании, рекомендуется применение деревянного лекала. Способ применения лекала для держания колец при опиловке показан на фиг. 896, где *A*—лекало; *B*—угольные сегменты; *C*—положение кольца относительно лекала; *D*—равенство внутреннего радиуса лекала относительно наружного радиуса угольного кольца; *E*—точная радиальная плоскость для направления напильника.

Если такого лекала нет и почему-нибудь его не хотят изготовить, то три или четыре сегмента кольца *A* могут быть зажаты в тиски (фиг. 898) и обработаны в них напильником до совпадения поверхностей соединения этих сегментов. Относительно большая торцовая площадь соединенных сегментов облегчает правильное опилование.



Фиг. 898.



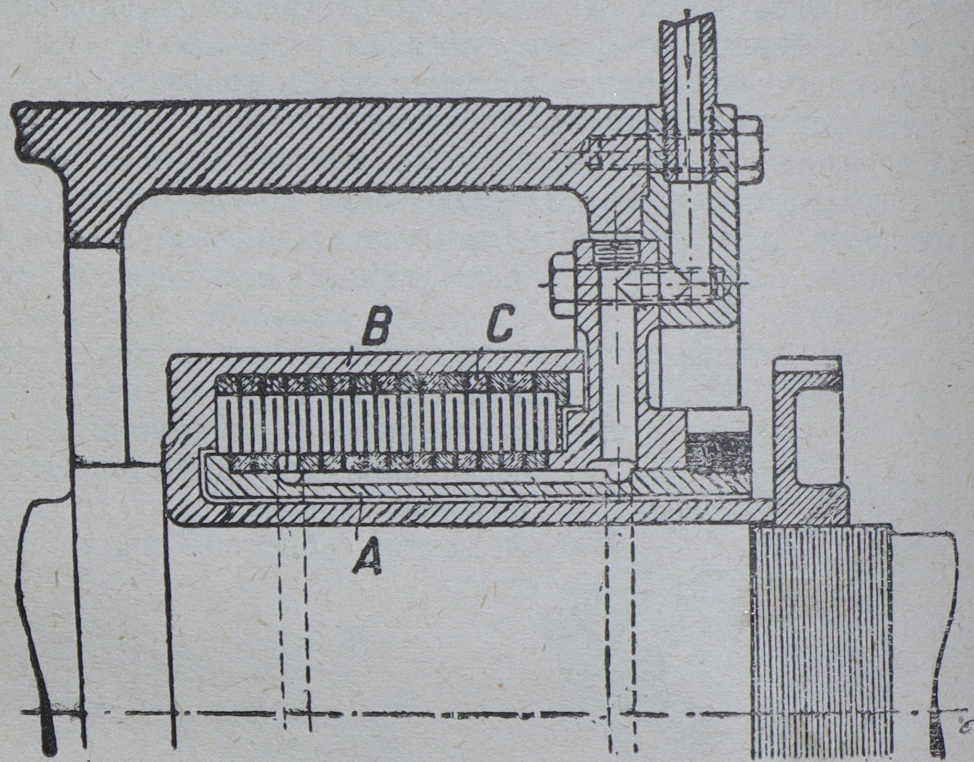
Фиг. 899.

При работе следует быть очень осторожным дабы не сломать колец. Для этого нельзя зажимать тиски слишком туго, а при грубых поверхностях щек тисок следует подложить между щекой и кольцом наждачную бумагу.

Если торцовые поверхности требуют снятия значительного слоя, то кольцо целиком может быть закреплено на доске, как это показано на фиг. 899, и когда ножовкой нужно прорезать каждое соединение, держа инструмент вертикально по радиусу так, чтобы полотно его совпадало с диаметром кольца. На фиг. 900 обозначения: *A*—доска; *B*—кольцо; *C*—деревянные подкладки.

Расточка угольного кольца по надлежащему диаметру после опиловки поверхностей соединения обычно производится на станке, для каковой

цели устраивается на нем какое-нибудь приспособление для зажима, если почему-либо нельзя пристроить деревянный патрон на планшайбе. После расточки обработанная поверхность должна быть отполирована полировальной бумагой № 00, но не наждачным полотном, так как частицы наждака будут приставать к материалу кольца и затем задиравать вал. Если в результате расточки диаметр кольца случайно получит большую величину, чем это следует, то нужно прибегнуть к опиливанию торцовых поверхностей, как это было указано выше. Новая расточка в этом случае не нужна.



Фиг. 900.

На фиг. 900 показано устройство сальника с центробежным водяным уплотнением. Здесь ряд тонких жестяных шайб, из которых часть закреплена во внутренней втулке А неподвижного кожуха, а другая часть (в перемежающемся порядке) закреплена во вращающейся вместе с валом наружной втулке В; закрепление шайб достигается при помощи толстых колец С на осевом расстоянии одна от другой в 1,5—2 мм. Вода впускается каплями, приток которой регулируется краном на водопроводной трубе. Поступающая вода увлекается трением вращающихся шайб и отбрасывается наружу, при чем развиваемая центробежная сила препятствует просачиванию пара, избыток давления которого обычно не превышает 1 ат.

Всякая утечка воды из сальника должна быть продуваема. Если турбина работает на конденсатор, то иногда уплотняются для получения чистоты ранее пуска турбины в ход.

Рассматриваемые сальники не могут быть применяемы в непосредственном соседстве с паром высокого давления, так как в этом случае вода в сальнике стремилась бы к испарению. Таким образом, сальники с центробежным водяным уплотнением вообще только применяются: а) на выпускном конце активных турбин; б) на паропускном и паровыпускном концах активных турбин низкого давления; с) на обоих концах реактивных турбин. При положении сальника в непосредственной близости с паром, имеющим давление выше атмосферного, вода должна циркулировать и быть охлаждаемой в предупреждение ее испарения; при положении сальника на паровыпускном конце турбины с конденсацией, циркуляция воды не нужна.

Подаваемая к сальнику вода не должна содержать в себе осадков или солей, равно как и твердых частиц. Осадки и соли при развивающейся центробежной силе и теплоте образуют налет в сальнике, которая забивает его, чем вызывается неизбежная частая разборка и чистка в предохранение от различных неправильностей в работе и даже поломки.

Устройство водяного трубопровода к сальнику зависит от местных возможностей получения чистой мягкой воды.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

Регулирование турбин.

Общие сведения. — Регулирование одноступенчатых активных турбин. — Регулирование многоступенчатых активных турбин. — Регулирование реактивных турбин. — Регулирование турбин двойного давления и с промежуточным отбором пара.

Общие сведения.

Эффективная или действительная мощность паровых турбин обуславливается следующими тремя факторами:

- 1) Эффективным коэффициентом полезного действия ($\eta_c = \eta_t \cdot \eta_m$), — т.-е. таким рабочим состоянием машины, при котором все сопротивления, вызываемые трением в подшипниках и сальниках, приводах к конденсатору, масляным насосам, регулятору и вообще все механические потери, потери на лучеиспускание, неплотности и т. п. уже исключены из общей суммы работы (индикаторный коэффициент полезного действия);
- 2) весом поступающего в турбину пара (G' в кг/час);
- 3) теоретическим тепловым напором.

Отсюда, если для сохранения нормального числа оборотов при изменении нагрузки мощность турбины должна быть приведена к новому состоянию нагрузки, то регулятор должен действовать или на изменение весового количества пара (G'), или на располагаемый тепловой напор, или, наконец, на оба эти элемента вместе, так как влияние регулятора на коэффициент полезного действия само собою исключается.

В паровых турбинах, как и в поршневых паровых машинах, возможны два способа регулирования, а именно:

- 1) Регулирование качественное или торможением, при котором регулятор действует на дроссельный клапан, а этот последний, изменяя давление поступающего в турбину пара, тем самым влияет на его вес и величину теплового напора.

- 2) Регулирование количественное или наполнением, при котором от руки или автоматически от регулятора закрываются или открываются сопла и тем самым изменяется только вес, т.-е. количество поступающего в турбину пара.

В качестве главных регуляторов в паровых турбинах применяются, главным образом, пружинные регуляторы, так как они при большой чувствительности обладают небольшими движущими массами, что обусловли-

вает устранение продолжительных колебаний чисел оборотов при значительных изменениях нагрузки.

В каждой турбине, кроме главного регулирования, имеется еще вспомогательное (предохранительное) регулирование, которое начинает действовать в случае превышения допускаемого наивысшего числа оборотов. Эта предохранительная мера неизбежна, так как разбег турбины при отказе главного регулятора на холостом ходу почти не поддается простому улавливанию.

Надлежащее состояние органов вспомогательного регулирования должно быть под наблюдением и время от времени проверяться.

Регулирование одноступенчатых активных турбин.

Регулирование одноступенчатых турбин производится торможением свежего пара (качественное регулирование) при помощи дроссельного клапана, приводимого в действие пружинным центробежным регулятором прямого действия. Кроме того, в некоторых конструкциях турбин имеется еще вспомогательное приспособление, которым по мере надобности некоторые сопла для различной мощности могут быть закрыты от руки для избежания по возможности торможения пара при всякой данной нагрузке.

Автоматическое регулирование наполнением в этих турбинах находит себе редкое применение и большей частью лишь в производствах с частыми периодами колебаний нагрузки. Причина этому та, что автоматическое включение и выключение сопел при помощи регулятора вызывает более сложное устройство, чем регулирование дросселированием пара с переставляемым от руки наполнением; имеет при этом значение также и то обстоятельство, что действие регулятора при внезапных колебаниях нагрузки происходит недостаточно быстро и часто сопряжено с сильными колебаниями скорости.

В качестве вспомогательного регулятора для быстрого закрытия пара в некоторых конструкциях служит подвешенный в камере регулятора нагруженный пружиной вращающийся груз. При отказе главного регулятора вспомогательное регулирование расцепляет нужный рычаг у запорного вентиля (фиг. 842).

Устройство отдельных регуляторов и способ их действия были рассмотрены выше. Вообще говоря, конструкций регуляторов очень много и останавливаться на них здесь подробно нет надобности. Типичные системы были отмечены выше при рассмотрении конструкций турбин.

Уход за регуляторами редко вызывает что либо иное кроме смазывания и перебивки или притирки клапана.

Напротив, проверку работы регулятора следует производить возможно чаще. В небольших машинах действие регулятора можно проверять, двигая его вручную, и при этом наблюдать, поскольку свободно движение отдельных его частей и как он закрывает пар. При образовании излишнего мертвого хода или если в какой-нибудь части замечается ненадлежащее трение, недостатки эти подлежат немедленному устранению.

Недостатками регуляторов с дросселированием пара, вообще говоря, являются отставание и разбег из-за заеданий в механизме или вследствие неправильной установки. Наличие мертвого хода также может вызывать отставание, хотя некоторыми заводами небольшая величина мертвого хода в нормальном положении иногда рекомендуется.

Обнаружить мертвый ход обычно можно путем движения различных частей регулятора и наблюдения их пригонки. Во всяком случае, если бы даже некоторая величина мертвого хода и указывалась заводом, она не должна быть настолько велика, чтобы препятствовать регулятору прикрывать пар.

Заедание шпинделя дроссельного клапана возможно обнаружить при толкании клапана; если он не отскакивает назад—заедание есть. В том случае, когда клапан не прекращает впуска пара при отсутствии нагрузки, чем вызывается бросание турбины, можно думать, что вероятно клапан пропускает или его шпиндель не имеет надлежащей длины. Длина шпинделя может быть увеличена при помощи установочных гаек. Что касается пропуска в клапане, то причины могут быть разнообразны,—например, появление ржавчины. Так или иначе, причину нужно найти и устранить. Разъедание клапана обычно бывает следствием плохой продувки турбины при каждой остановке.

Возможными причинами отставания регуляторов, в частности регулятора с дросселированием пара в турбинах с механической передачей, могут быть названы следующие:

- 1) Слишком велик ход клапана.
- 2) Заедание клапана в направляющих.
- 3) Изгиб клапанного шпинделя.
- 4) Заедание шпинделя (вала) регулятора.
- 5) Излом опорных кромок призм для грузов регулятора.
- 6) Повреждение или изгиб передаточных тяг регулятора.
- 7) Ослабление пружин регулятора.

Установка скорости в центробежных регуляторах прямого действия с дросселированием пара для изменения ее в пределах $\pm 2-3\%$ относительно существующей производится, при наличии спиральной пружины, усилением или ослаблением напряжения главной пружины. Очень незначительных изменений в скорости можно также достигать заменением натяжения наружной пружины, причем в обеих этих случаях рекомендуется принимать меры предосторожности в предупреждение совершенного схождения витков их при работе. Если бы понадобилось в силу тех или иных причин значительно изменить скорость в регуляторе, не снабженном ручным маховичком для точного изменения скорости, наиболее целесообразно обратиться к заводу с целью замены старых грузов или пружин новыми для вновь устанавливаемой скорости.

Всякое изменение скорости и вообще какое бы то ни было изменение в соотношениях регуляторных частей требует последующего исследования прибора (движением вручную) для получения уверенности в его способности в новых условиях закрывать пар при отсутствии нагрузки и двигаться свободно со всякого положения.

Регулирование многоступенчатых активных турбин.

Как уже было выяснено в своем месте, процесс, которому подвержен пар в многоступенчатой активной турбине, представляет собой ряд последовательных процессов, совершаемых им в отдельных турбинах. Отсюда не трудно вывести заключение, что и здесь находят себе применение оба рода регулирования, а именно, качественное или дроссельное регулирование и количественное или регулирование наполнением.

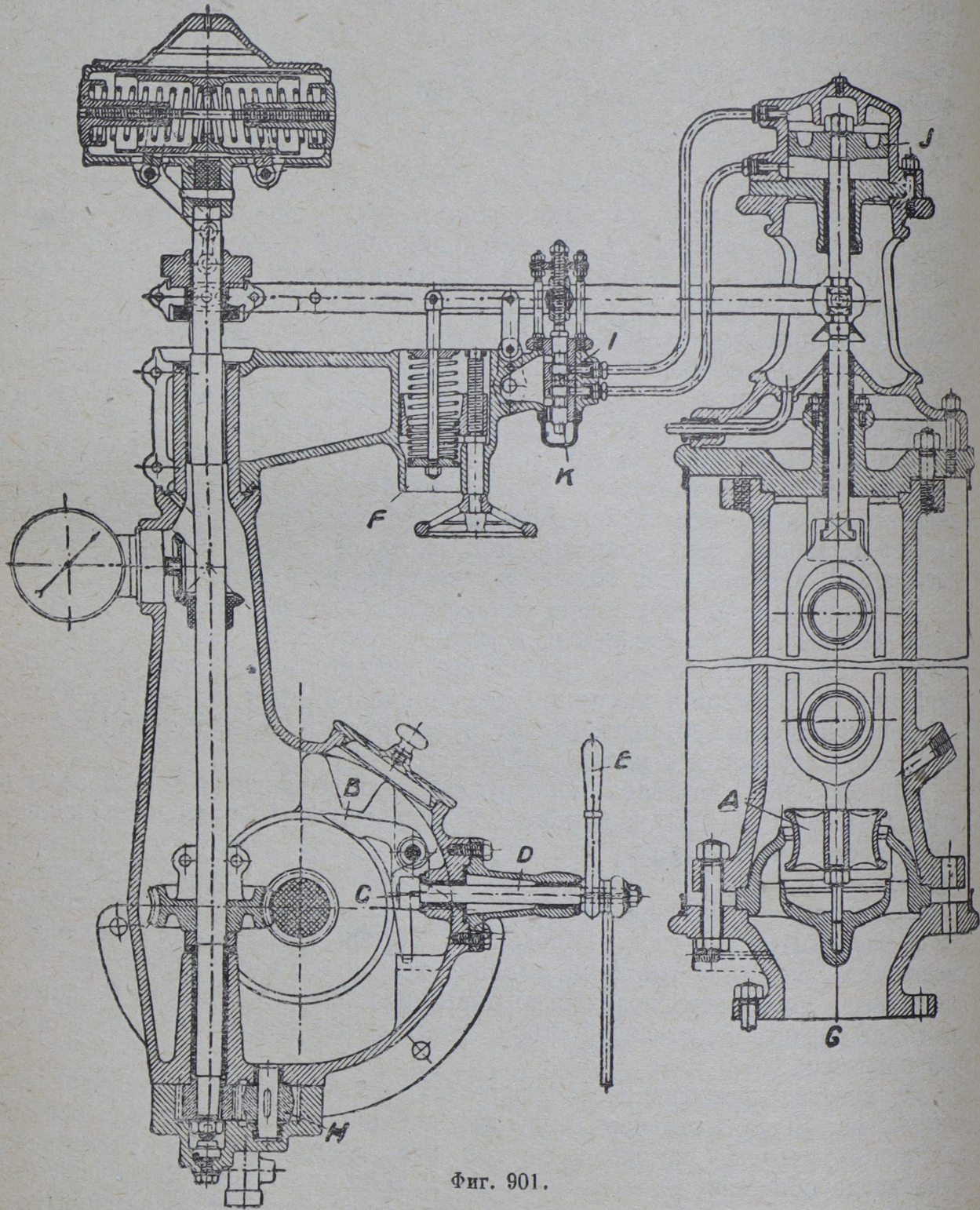
Но в данном случае влияние обоих способов регулирования на коэффициент полезного действия, помимо других обстоятельств, в значительной степени зависит от распределения общей суммы теплового напора между отдельными ступенями давления посредством регулирования. Так, при системе дроссельного регулирования общий тепловой напор турбины изменяется при постоянном теплосодержании поступающего в нее пара, изменение это оказывает довольно значительное влияние только на последние ступени; с падением общего напора, начиная от последней ступени, соответственно изменяются отдельные тепловые напоры в большем числе ступеней, тогда как в остальных ступенях напор сохраняется приблизительно постоянным. Другое распределение теплового напора между отдельными ступенями давления осуществляется способом количественного регулирования, при котором сумма напора остается постоянной, а изменяется только вес поступающего пара.

Действующие от регулятора распределения наполнением конструктивно более сложны и в работе менее надежны, вследствие чего большинство заводов или применяют одно дроссельное регулирование (как при чистых турбинах со ступенями давления) или же комбинируют это регулирование с добавляемыми и отбавляемыми от руки группами муфштук (как при турбинах с добавочным колесом Кэртиса).

На фиг. 901 показана конструкция дроссельного регулирования в исполнении завода ВКЭ в Берлине. Уравновешенный дроссельный клапан имеет часто применяемую для перегретого пара форму, при которой клапан и его седло с каждой стороны приходят в соприкосновение с паром одинаковой температуры, благодаря чему они получают одинаковое расширение. При помощи приподнятых бортов дроссельного клапана A поперечное сечение открытия клапана возрастает с его ходом так, что проходящее через него количество пара постоянно возрастает в зависимости от различных степеней торможения между холостым ходом и полной нагрузкой.

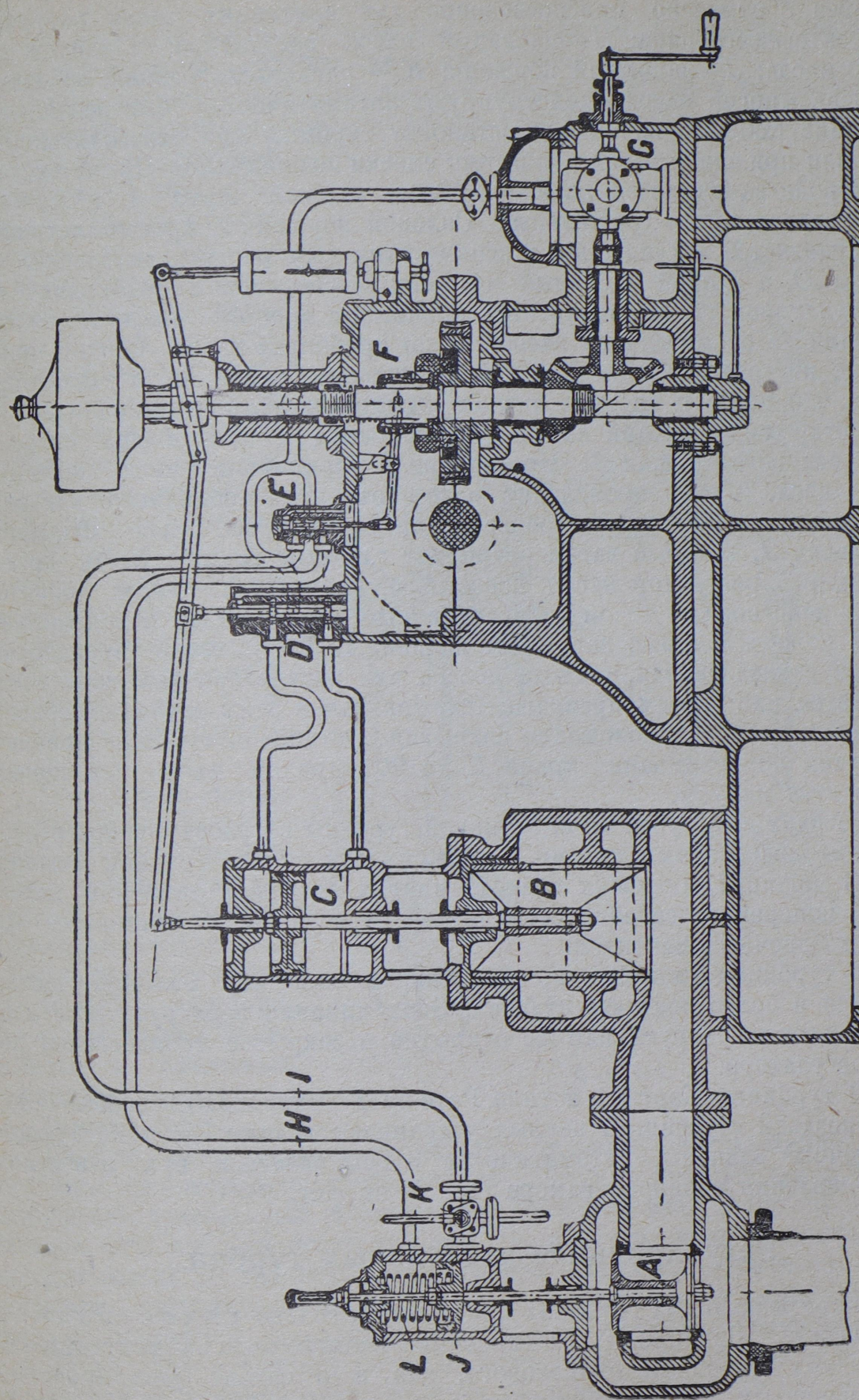
В качестве предохранительного регулятора здесь применено следующее устройство. В вертикальное отверстие турбинного вала вставлен особый стержень, который находится внутри вала в неустойчивом равновесии пока число оборотов не превышает $5-15\%$ нормального. При переходе этого предела центробежная сила стержня, расположенного своим центром тяжести вне оси вращения, преодалевает натяжение пружины и выдавливает стержень одним концом из вала. При этом он ударяет об одно плечо рычага B и расцепляет второе плечо рычага от кулака C , в ре-

в результате чего ва *D* поворачивается пружиной на главном клапане *A* и освобождает второй кулак. Этот последний освобождает втулку *E*, неподвижно соединенную с гайкой внизу, и оба они под действием натяжения



Фиг. 901.

пружины перемещаются вместе с клапанным стержнем вправо, тем самым закрывая клапан. Открытие клапана достигается путем поворачивания ручного колеса, перемещающего систему в обратном порядке.



Фиг. 902.

Через *F* отмечено приспособление для изменения числа оборотов: *G*—впуск свежего пара; *H*—масляный насос регулятора; *I*—впуск напорного масла; *J*—напорный поршень; *K*—распределительный золотник.

Очень многие заводы конструируют автоматическое быстрозапорное закрытие главного клапана и остановку турбины при отказе масляного насоса или при неисправности системы смазки подшипников. Пример подобного устройства приведен на фиг. 902, на которой через *A* изображен главный клапан, а *B*—дрессельный. Силовой поршень *C* дрессельного клапана управляется регулятором и вспомогательным распределительным золотником *D*, а второй масляный золотник *E* соединен с предохранительным регулятором *F*. Золотник этот принимает напорное масло также, как и золотник *D* от масляного насоса *G* по трубопроводу *H* и при числе оборотов, не превышающем 5—15% нормального значения, а также при условии, что насос и система смазки подшипников работают правильно, — держит открытым верхний канал и трубопровод *I* для нижней стороны второго силового поршня *J*. Приведение к нормальному числу оборотов турбины после пуска происходит путем открытия обходного клапана, после чего открытием трехходового крана *K* напорное масло пускается под поршень *J*, который затем открывает главный клапан. Когда предохранительный регулятор после известного превышения числа оборотов начинает действовать, то он оттягивает золотник *E* книзу и проходящее через *H* вверх *J* масло закрывает клапан *A*. То же самое происходит, когда при отказе смазки, привода насоса или регулятора давление масла уменьшается или совсем прекращается, так как в этих случаях пружина *L* приводит клапан в положение закрытия. Остановка турбины производится путем поворачивания крана *K* на 90°, причем масло под поршнем *J* проводится наружу.

Перевод многоступенчатой активной турбины на работу с перегрузкой происходит несколькими путями, в зависимости от конструкции машины:

1) В машинах, имеющих впереди чистых ступеней давления колесо Кэртиса, поперечное сечение сопел в первой ступени увеличивается при помощи добавочных вентиляй.

2) В турбинах типа Целли, напротив, свежий пар большей частью проводится в более позднюю ступень. Обслуживание перегрузочного клапана достигается от руки или же открытие и закрытие производится помощью регулятора.

3) В турбинах Кэртиса и типа Рато предусматриваются особые сопла в более поздней ступени. В первых устраиваются даже самодействующие перегрузочные клапаны, автоматически открывающиеся при известном избытке давления в первой камере (см. *E* на фиг. 848).

Регулирование реактивных турбин.

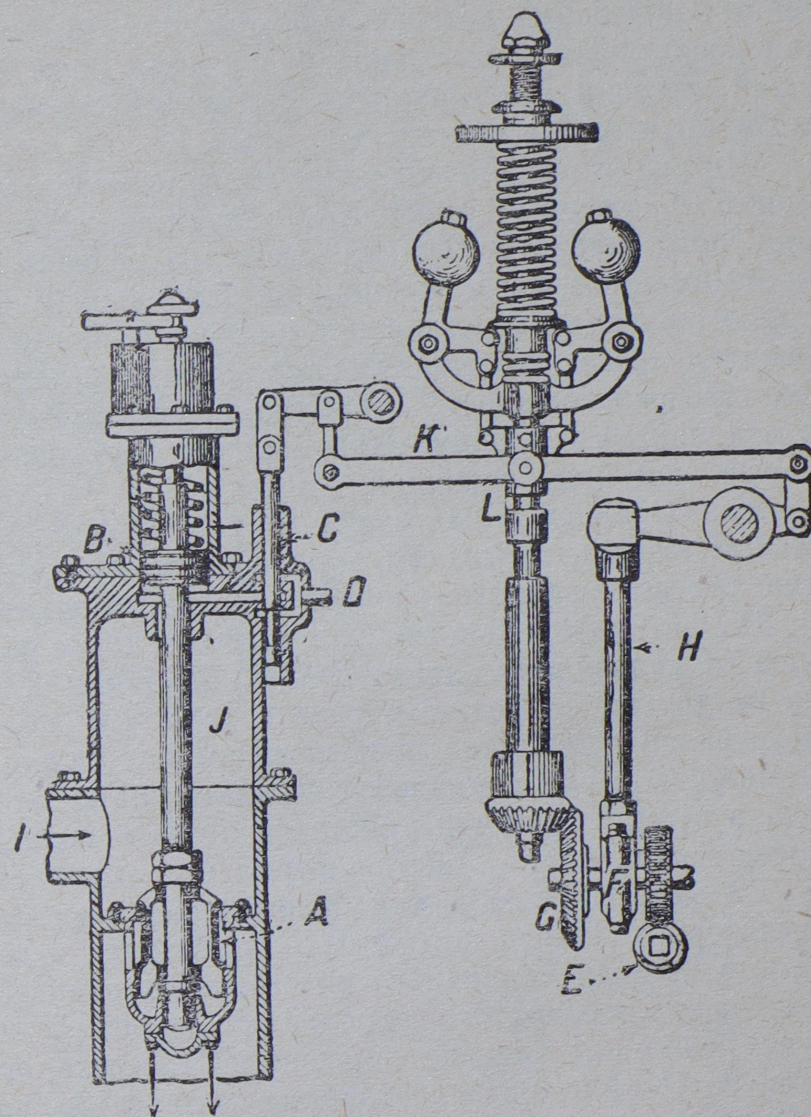
В чисто реактивных турбинах применяется только качественное регулирование. Влияние дресселирования свежего пара на распределение работы между ступенями одинакового, как и в случае регулирования многоступенчатых активных турбин, т.е. при наступающей разгрузке,

участие ступеней высокого давления в развитии мощности возрастает, а участие ступеней низкого давления убывает.

Точно так же и действие центробежного регулятора на дрессельный клапан здесь производится посредством силового поршня (рэле), который приводится в движение паром или напорным маслом. Паровые рэле имеются у большего числа турбин Парсонса, Вестингауза и др., главным образом, старых установок, но регуляторы с масляным рэле под давлением постепенно вытесняют этот тип, так как оказалось, что в крупных оборудованных вызываются повреждения вредные вибрации в главных паропроводах вследствие непрямого (а перемежающегося) действия регулятора на дрессельный клапан.

Хотя старое парсонсовское парораспределение и дает чрезвычайно точное регулирование, в настоящее время заводы отказались от него как по вышеотмеченной причине, так и вследствие зависимости в известных пределах распределения от давления пара.

На фиг. 903 приведена схема старого типа распределения с паровым рэле, из которой не трудно понять принцип его действия. Здесь *A* изображает дрессельный клапан, *B*—нагруженный пружиной поршень клапана, под который поступает пар. Но поднятие клапана и поршня происходит только до тех пор, пока распределительный золотник рэле *C* закрывает выпускное отверстие *D*, если же пар может выходить через него, то поршень с клапаном опускается. Вал турбины несет на себе червяк *E*; на валу червячного колеса, сцепляющегося с червяком *E*, имеется эксцентрик *F* и коническая передача *G*, приводящая шпindel центробежного регулятора. Системой рычажных передач, соединенных с эксцентри-



Фиг. 903.

ковой тягой *H*, сообщается попеременно возвратное колебание золотнику рэле *C* и он двигается вверх и вниз 150 и более раз в минуту, так же часто открывая и закрывая выпускное отверстие *D*. Свежий пар впускается через *I*, протекает пространство *J* и приподнимает поршень *B*, связанный с дроссельным клапаном *A*. Вследствие вышеуказанных переменных колебаний дроссельный клапан и поршень *B* находятся в постоянном восходящем и нисходящем движении, при котором впускаемый в силовой цилиндр равномерными толчками пар подымает поршень, который затем пружиной отдавливается вниз.

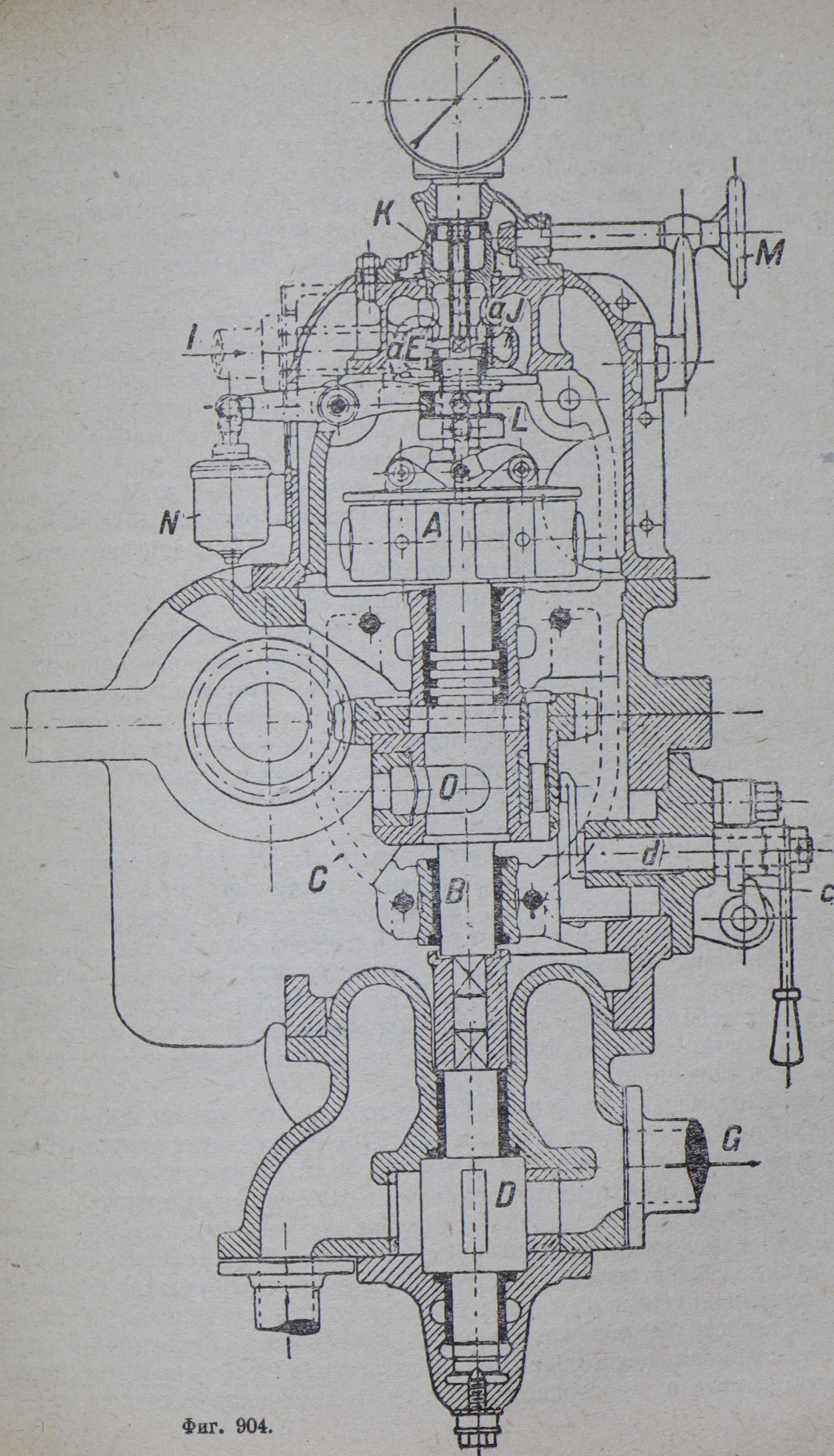
Второе движение золотник рэле получает от регулятора посредством рычага *K*, который имеет точку качания на муфте регулятора *L*, благодаря чему отверстие *D* открывается в течение более длинного или более короткого промежутка времени, в зависимости от нагрузки турбины. Это второе движение переставляет центр колебаний первого движения, обуславливая собою продолжительность толчков пара под поршнем, и изменяет продолжительность открытия дроссельного клапана и, следовательно, впуска пара в турбину. При полной нагрузке эта продолжительность больше, чем при частичной.

Таким образом, благодаря непрямому действию регулятора на дроссельный клапан, последний производит только ту работу, которая необходима для перестановки распределительного золотника рэле.

На фиг. 904 и 905 изображено более новое распределение турбин Парсонса (в исполнении завода Броун, Бовери и К^о). Отличие этой конструкции от других с масляным рэле в том, что помощью регулятора регулируется не количество поступающего под силой поршень масла, а его давление, которое изменяется соответственно нагрузке турбины. Кроме того, в этом устройстве бросается в глаза полное отсутствие рычагов и вообще видна очень простая форма его выполнения.

На фиг. 904 изображен общий вид распределения, где *A* — собственно регулятор, шпindel которого *B* приводится в движение турбинным валом при помощи червячного колеса, а разъемный кожух его *C* укреплен на крышке гребенчатого подшипника. Через *D* отмечен масляный насос, нагнетающий под силовой поршень *E* дроссельного клапана *F* (фиг. 905) по трубе *G* (фиг. 904) постоянное количество масла. На фиг. 905 *H* изображает главный клапан, а *F* — дроссельный. Пространство под поршнем *E* посредством трубы *I* находится в сообщении с кольцевым пространством *J* регуляторного кожуха, из которого масло через щель втулки *K* может выходить по направлению стрелок *a* — *a* и затем поступать на регулятор, где оно и смазывает его шарниры, цапфы и подшипники шпинделя. В щелевое отверстие пространства *J* выступает конец вертикально перемещаемой регуляторной муфты *L*, закраина которой, в зависимости от ее положения, изменяет величину выпускного поперечного сечения для масла, а также и изменяет давление в масляном трубопроводе *I* и под силовым поршнем в соответствии с положением регуляторных грузов и нагрузкой турбины, что происходит следующим образом.

Если при падении нагрузки до вступления в работу регулятора число оборотов повышается, то грузы регулятора перемещаются кнаружи и уве-



Фиг. 904.

кают муфту *L* вниз. В этом случае свободное сечение выпускного щелевидного отверстия увеличивается и благодаря постоянному количеству протекающего масла понижается давление в трубе *I* и под поршнем *E*. Вследствие этого натяжением пружины поршень опускается до тех пор, пока давление масла и натяжение пружины при нем уравниваются и опускающийся дроссельный клапан *F* (фиг. 905) выпускает соответствующее новой нагрузке количество масла. При возрастании нагрузки—все в обратном порядке.

В целях повышения чувствительности регулирования система поршня *E* и клапана *F* с его шпинделем получают постоянное незначительное перемещение вниз и вверх, достигающее до 300—700 раз в минуту, которое постоянно увеличивает и уменьшает в небольших пределах поперечное сечение щели, а также и давление масла в трубе *I*. Колебание это производится верхней регулирующей закраиной муфты.

Перестановка числа оборотов производится колесом *M*, которое может поворачиваться от руки или управляться с распределительного щита.

Масляный тормоз *N* имеет назначением сглаживать внезапные резкие колебания в процессе регулирования.

Распределение закрывает дроссельный клапан *F* в то время, как только давление масла под поршнем *E* прекращается из-за отказа масляного насоса *D*, так что распределение автоматически останавливает турбину при отказе смазки. При превышении нормального числа оборотов на 5—10%, вступает в работу предохранительный регулятор, отмеченный на фиг. 904 через *O*, который путем поворачивания вала *d* с кулаком *s* и перемещением соединительных рычагов размыкает ключ *d*¹ (фиг. 905), вследствие чего происходит закрытие главного клапана *H* пружиной *P*.

На случай перегрузки предусмотрен автоматический обводный клапан, который по достижении дроссельным клапаном известной высоты, направляет пар в какую-нибудь позднейшую ступень расширения.

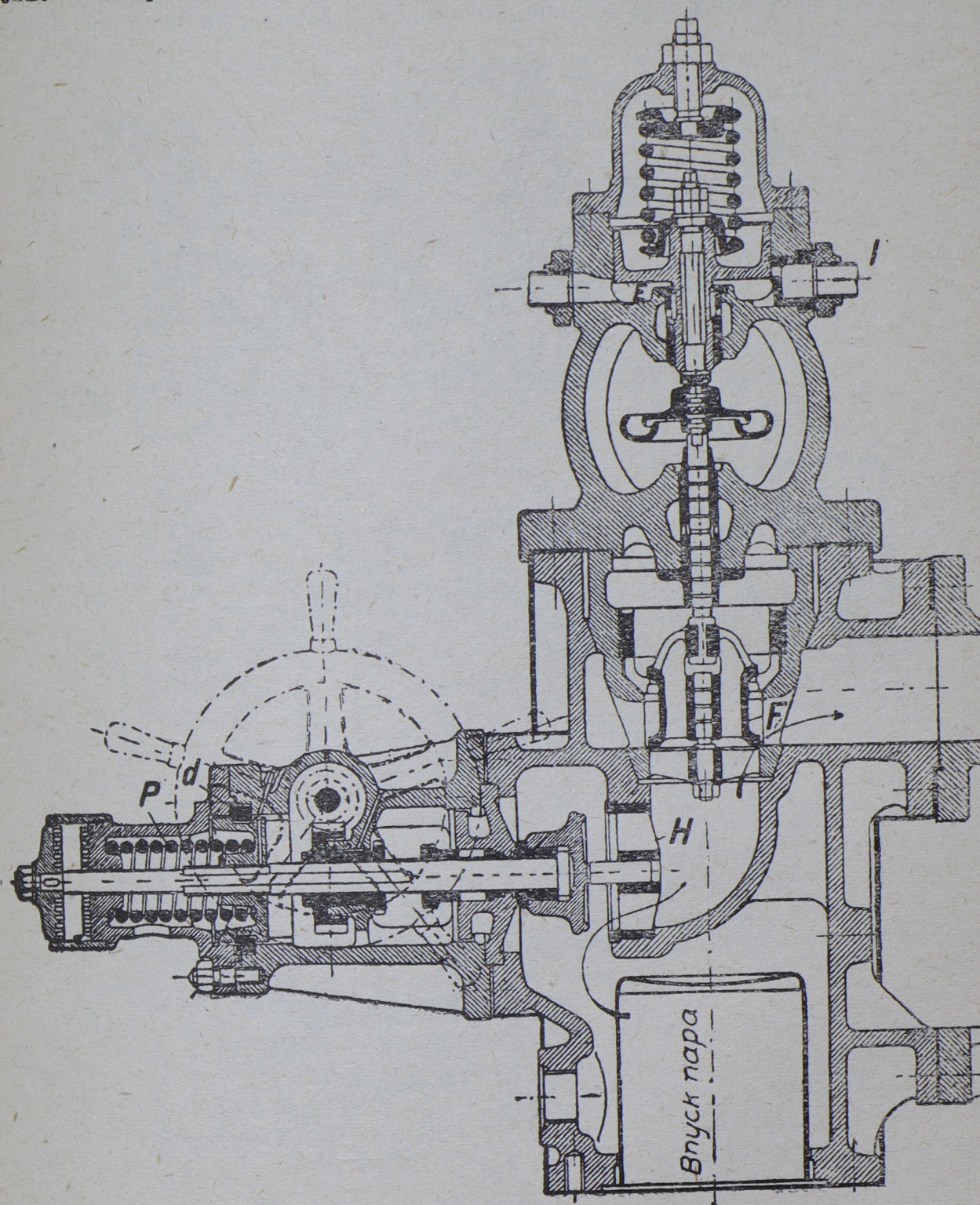
Иная конструкция регулирования применяется для смешанных турбин заводом бр. Зульцер. В ней для приведения в движение распределительного золотника для силового поршня регуляторного клапана *A* служит не центробежный регулятор, а центробежный насос *B*, как это видно из схемы регулирования, приведенной на фиг. 906 на которой также нанесена сеть трубопроводов.

Напорное масло под давлением около 1,5 ат доставляется центробежному насосу масляным насосом *C*, причем нагнетание происходит по просверленным в валу каналам и магистралям *3*; из этой же магистральной трубы масло проходит к распределительному золотнику *D*.

В данном устройстве каждой нагрузке соответствует строго определенное давление масла под дисковым поршнем распределительного золотника, а также соответствующее натяжение имеющихся пружин, что наряду с некоторыми другими частями позволяет золотнику влиять на силовой поршень, а последнему, в свою очередь, регулировать регуляторный клапан.

Перестановка числа оборотов достигается впуском дросселированного напорного масла в пространство под поршнем золотника по трубе 2

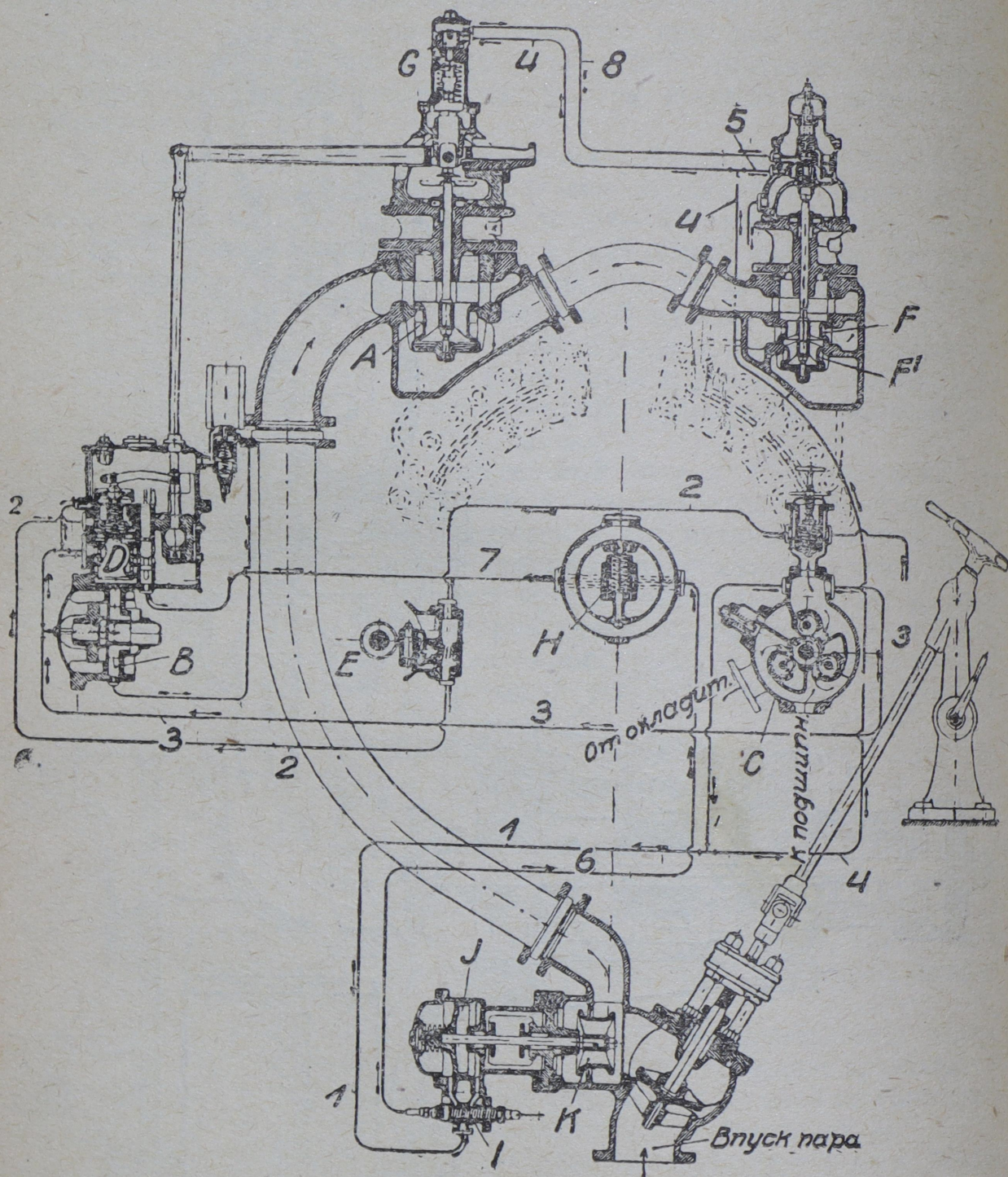
Устроенное на этой трубе специальное приспособление *E* имеет назначением подвергать давление масла правильным переменным колебаниям



Фиг. 905.

с целью сообщения частям регулятора соответственно малых колебаний, почти уничтожающих трение этих частей.

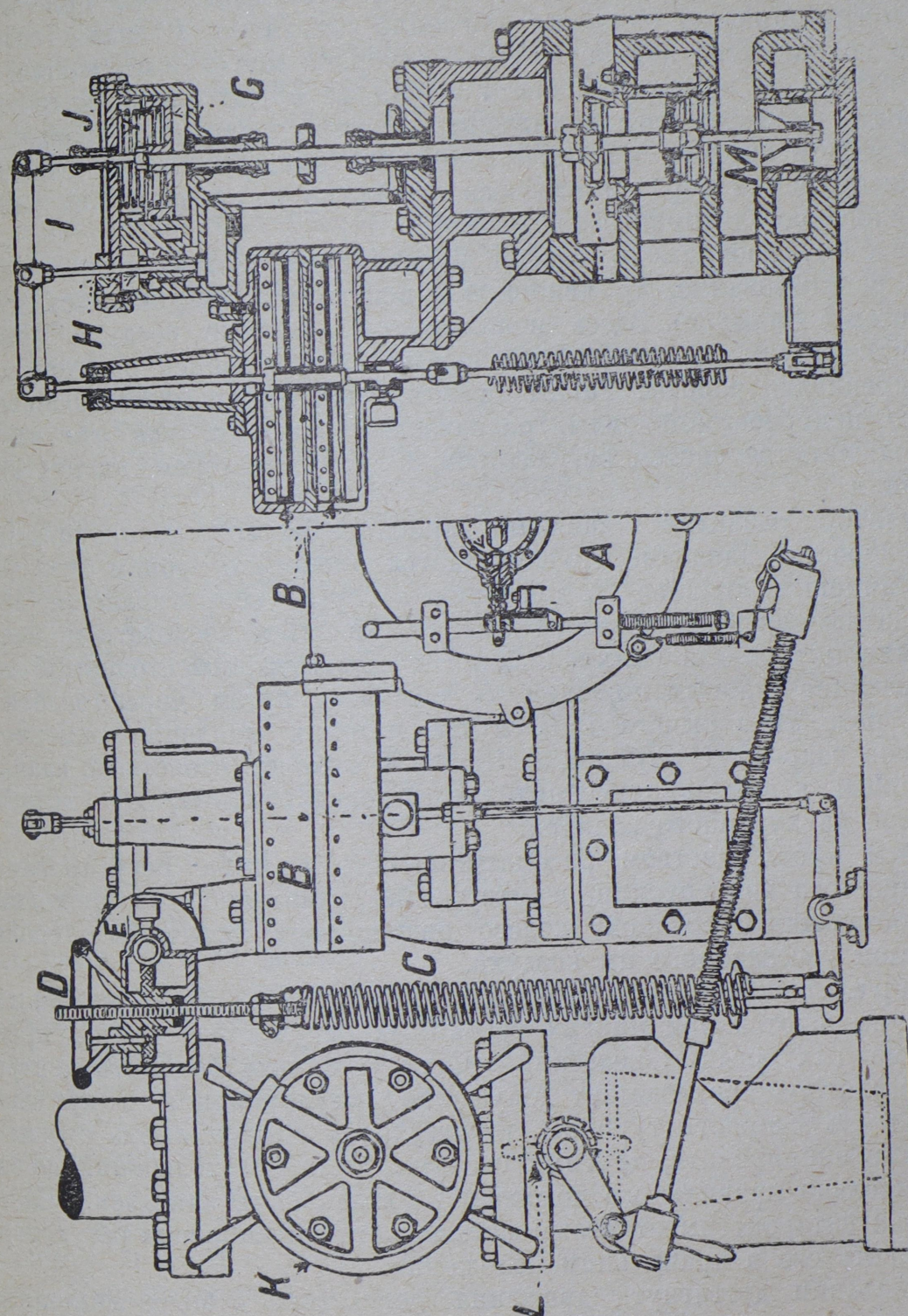
Перегрузочными клапанами F и F' управляет золотник G , расположенный вверху регуляторного клапана A , допускающий доступ протекающего по трубам 1 и 5 напорного масла только при верхнем положе-



Фиг. 906.

нии клапана A , тормозя при этом давление масла в обеих трубах тем меньше, чем больше поднят этот клапан. Следовательно, давление масла над G , будет тем больше, чем на больший просвет открывается клапан A .

Труба 8 передает это давление золотнику и поршню над перегрузочными клапанами, так что, начиная с известного положения клапана А, при



возрастании или убывании давления над G они также последовательно открываются и закрываются (при посредстве давления масла в трубах 4 и 5).

Предохранительный регулятор *H* состоит из нагруженного пружиной клапана, открывающегося при превышении определенного числа оборотов, открывая свободный выпуск масла в трубе *4*. Уменьшающееся при этом давление в трубопроводе вызывает движение золотника *I* влево, вследствие чего находящееся под поршнем *J* напорное масло выпускается, и запорный клапан *K* приводится своей пружиной в положение закрытия. Происходящее вместе с этим понижение давления в трубе *7* производит опускание малого поршня в золотниковой системе, масло под силовым поршнем выпускается через имеющееся отверстие и производится замыкание главного регуляторного клапана *A*.

На фиг. 907 изображено особой конструкции пневматическое или воздушное регулирование, применяемое в некоторых американских турбинах (системы Риджвея). Здесь используется давление воздуха, создаваемое вентилятором *A*, который непосредственно соединен с валом для подачи энергии для работы. Таким образом, конструкция оригинальна тем, что вместо центробежной силы, развиваемой грузами, как это имеет место в большинстве систем регуляторов, в ней применен пневматический принцип.

Вентилятор развивает давление приблизительно пропорционально квадрату скорости. Давление это сообщается нижним сторонам двух легких алюминиевых поршней *B*, движению которых сопротивляется пружина *C*. Натяжение этой пружины может изменяться посредством маховика *D* или мотора для синхронизации *E*. Двухударный стопорный клапан *F* управляет силовым поршнем *G* обычным путем через золотник масляного рэле *H* и рычага *I*. В случае падения давления напорного масла клапан закрывает пружина *J*. Через *K* отмечен стопорный клапан; *L* — стопорный клапан предохранительного регулирования; *M* — паровое пространство двухударного клапана.

Главным преимуществом рассматриваемого способа регулирования является простота конструкции и отсутствие каких-либо быстроходных частей, работающих с трением; колесо вентилятора испытывает трение только о слой рассекаемого им воздуха.

Катаракты или масляные тормоза. Эти небольшие приборы применяются при многих турбинных регуляторах в предупреждение чрезмерных вредных колебаний. Если установка большого центробежного регулятора предполагает допущение регулирования в пределах только 1—1½% скорости турбины, то регулятор должен иметь стремление медленно вибрировать, другими словами, темп его колебаний по высоте относительно правильного положения должен быть замедлен. Часто применяемый катаракт имеет целью погашать такие вибрации регулятора и поддерживать его в правильном положении.

При желании достигнуть движения регулятора в более медленном темпе, нужно применять масло большего удельного веса (более тяжелое) в катаракте или уменьшить отверстие вокруг его скалки. В обратном случае, при желании сделать регулятор более чувствительным (стремительным), необходимо разбавить применяемое в катаракте масло керосином или увеличить вышеупомянутое отверстие.

Синхронизирование. При установке регулятора на синхронизирование турбоальтернаторов во многих конструкциях применяются особое, действующее от мотора, приспособление, управляемое с распределительного щита. При необходимости включить турбоальтернатор на параллельную работу с другим, идущим уже под нагрузкой, необходимо предусмотреть в момент включения нижеследующие три условия: 1) оба турбоальтернатора должны иметь одну и ту же скорость; 2) давать одно и то же напряжение, согласно показаний вольтметров на щите; 3) должны быть в фазе.

Включаемый альтернатор обычно синхронизируется с другим, идущим уже под нагрузкой, изменением скорости первого до тех пор, пока она не станет такой же, как у второго, и пока обе машины не будут в фазе.

Установка скорости при синхронизировании в малых турбинах производится обычно изменением вручную пружины для синхронизации (например, в распределении по фиг. 907 эта пружина отмечена через *C*); в больших турбинах изменение скорости производится посредством специального устройства для синхронизации, действующего от мотора, который составляет часть регулятора. Устройство это может изменять или натяжение соответствующей пружины регулятора или же положение распределительного золотника рэле относительно дроссельного клапана.

После произведенной синхронизации двух турбоальтернаторов, когда они работают параллельно, соответствующее их мощностям распределение нагрузки достигается установкой регуляторов машин и установкой реостатов поля возбуждения для уменьшения до минимума уравнивающих токов. Распределение нагрузки может быть выполнено только при помощи тех же реостатов, причем, конечно, турбина, несущая большую часть нагрузки, должна получать большее количество пара.

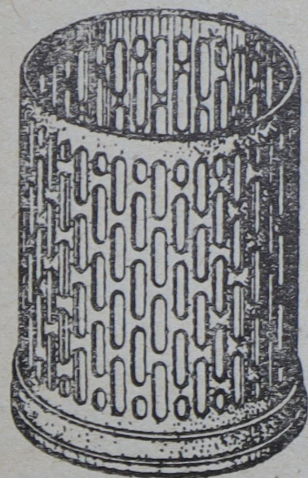
Обслуживание регуляторов. В дополнение к сказанному относительно обслуживания регуляторов активных турбин, заметим, что приведенные там положения в общих чертах приложимы и к регуляторам машин других систем.

Главными затруднениями в отношении клапанов являются: а) утечки в набивочных камерах; б) заедание; в) пропускание; г) наконец, излом клапана. Набивка камер производится устойчивой при высокой температуре специальной набивкой. Для клапанных шпинделей при насыщенном паре возможно пользоваться фитилем, вымоченным в масле. Набивка шпинделя дроссельного клапана должна выполняться с большой тщательностью и осторожностью, так как этот клапан должен держать пар без большого трения в набивке. Для этого удобнее сначала накрепко завинтить гайку сальника, а затем отпустить ее, чтобы снять таким образом давление на шток. Предпочитается лучше иметь небольшую утечку пара у штока регуляторного клапана, чем слишком большое трение.

Некоторыми указаниями на утечку в дроссельном клапане считаются: 1) разбег при легких нагрузках при закрытом видимо клапане; 2) нагревание упорного подшипника регулятора под действием силы, развиваемой в регуляторе при стремлении закрыть пропаривающий клапан.

Способом проверки плотности и клапана может служить прием закрывания клапана вручную во время работы турбины, при котором наблюдается степень уменьшения ее скорости.

Наиболее часто встречающимися причинами повреждения дроссельного клапана является влажный пар и постоянная работа при легких нагрузках. Устранение первого явления достигается обшивкой паропроводов и установкой сепаратора. Работа при небольших нагрузках не будет вызывать изнашивания клапана при выключении одного или нескольких клапанов к насадкам.



Фиг. 908.

Необходимо знать, каков должен быть наименьший размер клапана для требуемой нагрузки, какие сведения получают с завода.

Если клапан с коническим гнездом подвергается периодической притирке, то он обычно хорошо сохраняется, несмотря на продолжительную работу при легких нагрузках.

Паровые сетки. В предупреждение попадания частиц ржавчины из трубопровода и других отбросов под дроссельный клапан, что может послужить причиной неплотности его закрывания, у большинства турбин устанавливаются в паровпускных каналах

паровые сетки. Их размещение происходит обычно таким образом, что пар проходит сначала через них, а уже потом — через дроссельный клапан.

На фиг. 908 показан нормальный тип паровой сетки, применяемый в малых турбинах. Изготовление сеток обычно производится из листового металла в виде цилиндра, в котором пробиваются отверстия, величина которых должна быть достаточна для пропуска необходимого количества пара, но при этом настолько небольшой площади, при которой отверстия могут задержать любую твердую частицу, могущую сюда попасть и проникнуть в турбину, чем было бы вызвано повреждение последней. Полная площадь отверстий должна быть вообще гораздо большей, чем у предшествующих и последующих паровых каналов, чтобы трение при проходе через сетку не было слишком велико.

Регулирование турбин двойного давления и с промежуточным отбором пара.

В турбинах двойного давления весьма большое значение имеет процесс быстрого действия их регулирования. Современное совершенное его устройство состоит из четырех главных частей: 1) из дроссельного клапана для аккумуляторного пара; 2) такого же клапана для свежего пара; 3) из регулятора, при помощи силового поршня действующего на оба эти клапана; 4) из аккумуляторного распределения, управляющего открытием дроссельного клапана для аккумуляторного пара воздействием давления в тепловом аккумуляторе или в зависимости от высоты положения колокола при паровом аккумуляторе.

В целях экономной работы турбины двойного давления современное устройство предопределяет следующее.

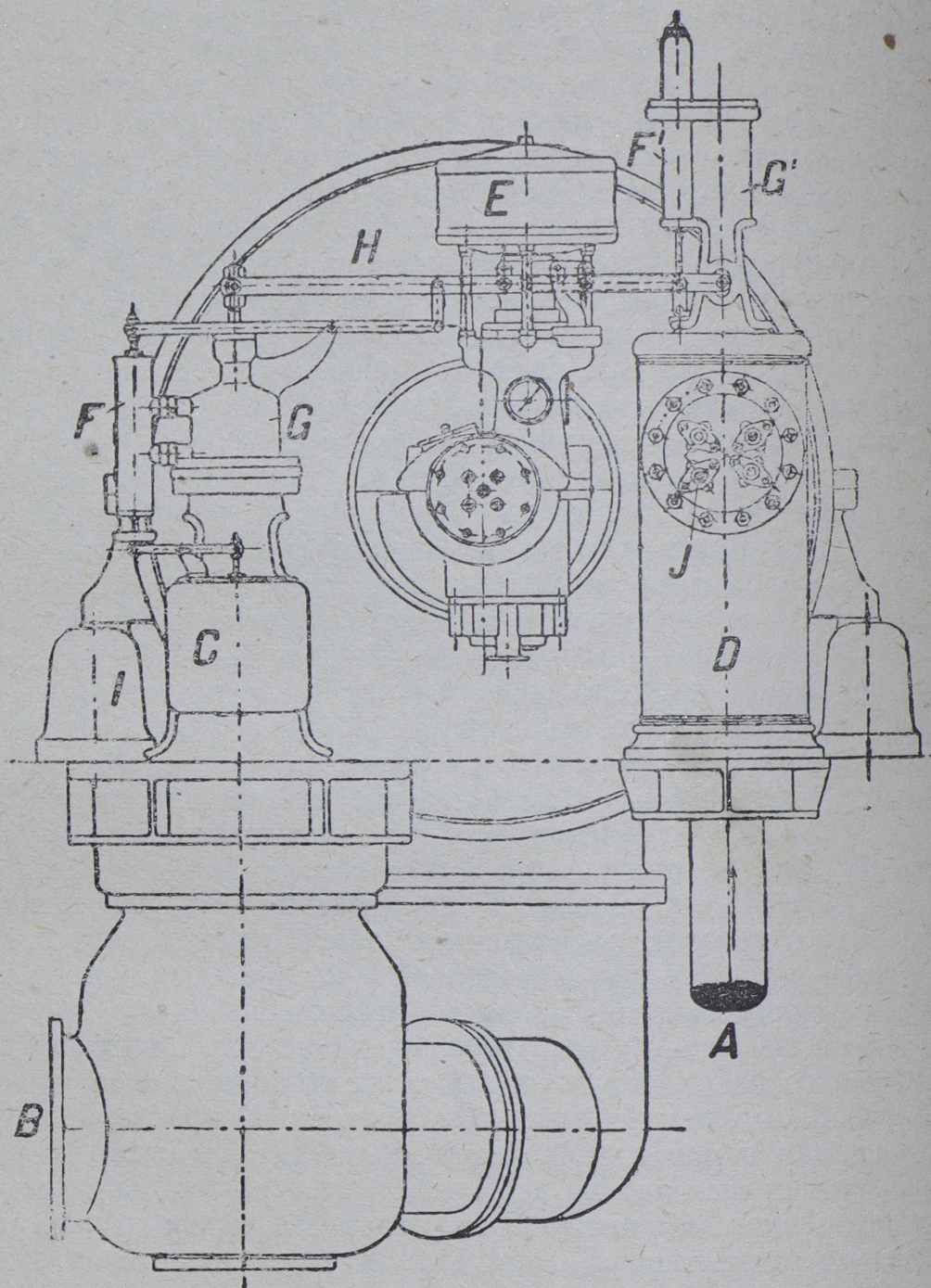
1) Колебания нагрузки машины при условии постоянного давления в аккумуляторе уравниваются регулятором. Этот последний в случае работы одним отработавшим паром действует на дроссельный клапан аккумуляторного пара, а при работе одним только свежим паром или при смешанной работе — регулятор действует только на дроссельный клапан паропровода свежего пара, так как этим достигается постоянно полное привлечение наличия аккумуляторного пара к развитию мощности в турбине. При этом противодействие регулятора на аккумуляторное распределение не должно иметь места, а для поддержания возможно малой степени неравномерности регулятор должен переставлять оба дроссельных клапана приблизительно одним и тем же обыкновенным ходом. В некоторых старых конструкциях, в которых регулятор сначала действует на дроссельный клапан аккумуляторного пара и лишь после его полного открытия — на дроссельный клапан свежего пара, — требуется приблизительно двойной ход и соответствующая степень неравномерности.

2) При изменениях давления в аккумуляторе аккумуляторное распределение переставляет дроссельный клапан для аккумуляторного пара без обратного действия на регулятор. Этим самым размер поперечного сечения для прохождения данного пара устанавливается только в соответствии с требуемой величиной для имеющегося количества пара без заметного повышения давления и прежде всего для предупреждения высасывания аккумулятора или переливания поступающего из ступеней высокого давления свежего пара в аккумулятор, в случае недостаточности имеющегося в распоряжении количества аккумуляторного пара для работы, как это становится возможным при отсутствии аккумуляторного распределения. Высасывание аккумулятора с понижением в нем давления менее 1 ат. вызвало бы проникновение воздуха, т. е. ухудшение вакуума в турбине, а переход расширенного свежего пара в аккумулятор имел бы своим последствием значительные потери. Возможно быстрое регулирование дроссельного клапана для свежего пара связывается с закрытием такого же клапана для аккумуляторного пара, когда происходит переход с работы одним только отработавшим паром или со смешанной работы к работе с одним чистым свежим паром. Напротив, при переходе от работы свежим паром к смешанной работе или к работе отработавшим паром, что происходит по достижении в закрытом аккумуляторе давления определенной высоты, — аккумуляторное распределение посредством быстрого открытия клапана для аккумуляторного пара должно предупреждать всякое бесполезное противодействие в первичных машинах.

В тех паровых аккумуляторах, в которых колебания давления очень малы, благодаря чему они недостаточны для приведения в действие аккумуляторного распределения, это последнее приводится посредством восходящего и нисходящего клапана.

На фиг. 909 приведено распределение и регулирование турбины двойного давления. Поступление свежего пара происходит через трубу А, отработавшего — через трубу В. С изображает дроссельный клапан для

аккумулятора. D — для свежего пара (на фиг. 909 самые клапаны закрыты кожухами). При колебаниях нагрузки регулятор E при посредстве тяг приводит в действие распределительные золотники F и F' , ко-



Фиг. 909.

торые направляют поступающее в их середину напорное масло над и под силовые поршни G и G' , штоки которых связаны между собою рычагом H . Аккумуляторное распределение состоит из ртутного поплавка в камере I , на свободное зеркало жидкости которого давит аккумуляторный пар, поступающий по небольшой трубке. При возрастающем давлении

нии в аккумуляторе поплавок подымается, а при убывающем — опускается, при этом действуя передачей на втулку золотника F .

Действие ртутного поплавка установлено таким образом, что колебание давления в аккумуляторе не выше 0,1 ат. становится уже достаточным для полного открытия или закрытия клапана C .

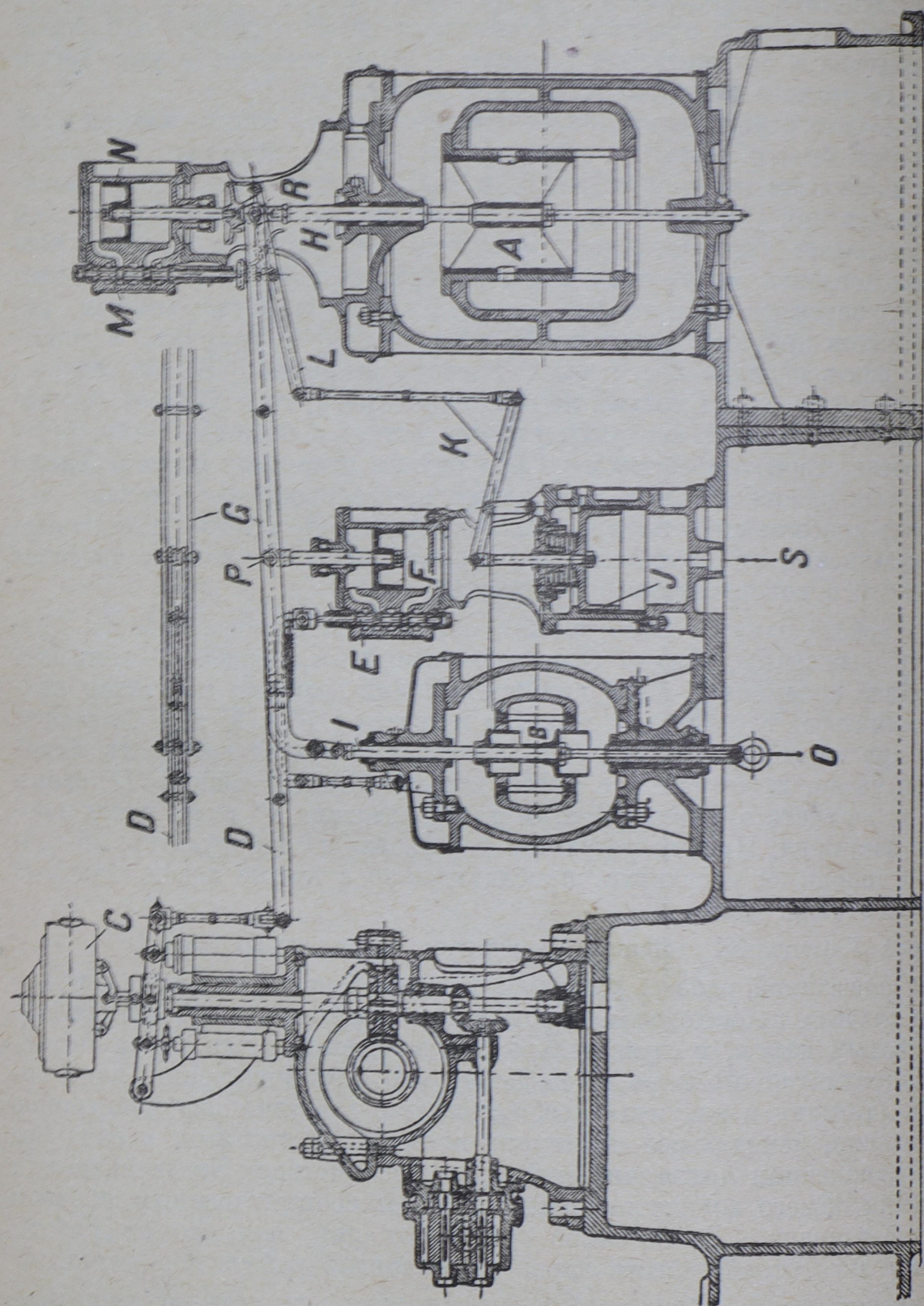
При работе одним только отработавшим паром, когда клапан для свежего пара бывает закрыт и относящийся к нему поршень G' находится в нижнем положении, регулятор E перестановкой обоих рычагов позволяет при убывании нагрузки золотнику F подыматься и тем самым заставляет напорное масло поступать над поршнем G . Под воздействием давления масла поршень G опускается и больше прикрывает клапан C ; опускающийся же при этом шток клапана при помощи системы рычагов приводит золотник F в его среднее положение, а золотник F' — опять обратно в среднее положение закрытия. В том случае, когда при работе одним только мятым паром нагрузка турбины увеличивается, то, пока давление аккумулятора остается без изменений, регулятор соответствующим образом только больше открывает клапан. Таким образом, при работе одним только мятым паром происходит только перестановка дроссельного клапана для аккумуляторного пара, т.-е. совершенно независимо от соответствующего распределения, что и является желательным в конструктивном отношении.

При работе одним только свежим паром, в противоположность предыдущему положению, клапан C остается закрытым, поршень G занимает свое низшее положение. Если при уменьшении нагрузки регулятор начнет подыматься, то системой рычагов золотники F и F' передвигаются кверху, при каковом положении над поршнем C' может поступить новое напорное масло, и все более и более закрывающийся клапан D своим штоком и соответствующим рычагом тянет золотник F' опять книзу в положение закрытия. Прежде регулятор действовал на аккумуляторный клапан C , а теперь он регулирует приблизительно с тем же ходом клапан D для свежего пара.

Через J отмечены добавочные клапаны для свежего пара.

При смешанной работе, когда оба клапана бывают открыты, регулирование сначала происходит по процессу регулирования как при работе только свежим паром, и лишь только при возрастании или убывании наличия аккумуляторного пара и, следовательно, при повышении или понижении давления в аккумуляторе, вступает в действие аккумуляторное распределение, изменяющее положение клапана C ; при этом и сам регулятор изменением положения муфты под воздействием увеличения или уменьшения общего количества пара, изменяет соответственным образом положение клапана. То же самое происходит при переходе от работы с одним только отработавшим паром к смешанной работе и обратно.

В практической работе разбираемые процессы регулирования не происходят совершенно, независимо одни от другого, а протекают более или менее одновременно, т.-е. регулятор и ртутный поплавок работают параллельно.



Фиг. 910.

Перестановкой точек приложения соответствующих рычагов на регуляторную муфту число оборотов может быть изменяемо от руки или с распределительной доски в пределах $\pm 5\%$ от нормального.

На фиг. 910 представлено несколько иное распределение и регулирование турбин двойного давления (выполнения завода Шкода). Здесь через *A* изображен аккумуляторный дроссельный клапан, через *B* — клапан для дросселирования свежего пара. Регулятор *C* посредством рычага *D* действует на золотник *E*, распределяющий напорное масло для силового поршня *F*. Шток этого поршня рычагом *G* с одной стороны соединен со штоком *H* клапана *A*, а с другой стороны — со штоком *I* клапана *B*. Аккумуляторное распределение состоит из поршня *J*, под который поступает аккумуляторный пар *S*, при чем над поршнем существует постоянное разрежение, а сам поршень принимает различную высоту в зависимости от давления в аккумуляторе. Поршень *J* тягами *K* и *L* находится в соединении с золотником *M* поршня *N*, шток которого не имеет жесткого соединения со штоком *H* аккумуляторного клапана *A*, вследствие чего верхний клапан увлекается поршнем *N* только при нисходящем его движении. Через *O* отмечен груз на нижнем стержне клапана *B*.

Во время работы одним только отработавшим паром поршень *J* при соответствующем давлении в аккумуляторе принимает свое наивысшее положение, а при восходящем движении он при помощи тяги *K* сдвигает рычаг *L* и золотник *M* книзу, тем самым открывая напорному маслу путь под поршень *N*.

Это восходящее движение освобождает шток *H* и груз *O* запирает клапан *B* и открывает клапан *A* поворотом вокруг шарнира *P* рычага *G*, находящегося в постоянном соприкосновении со штоком клапана *N*.

Если происходит уменьшение нагрузки турбины, а давление в аккумуляторе постоянно, то поднимающаяся регуляторная муфта через рычаг *D* поднимает золотник *E*, а поднимающееся вверх поршня *F* напорное масло двигает этот поршень книзу. При этом движении рычаг *G* поворачивается около точки *P*, тем самым закрывая клапан *A* еще больше, тогда как золотник *E* снова приходит в свое среднее положение закрытия. В обратном случае, когда при постоянном давлении в аккумуляторе нагрузка машины увеличивается, то удерживаемая аккумуляторным распределением в неподвижном состоянии точка *R* образует точку вращения рычага *G*, и напорное масло проходит под поршень *F* и открывает клапан *B*. Этим самым происходит переход от чистой работы отработавшим паром к смешанной работе. Переход этот возникает и тогда, когда при постоянной нагрузке турбины во время работы отработавшим паром давление в аккумуляторе понижается. Поршень *J* при нисходящем движении при посредстве аккумуляторного распределения и золотника *M* пропускает сверху поршня *N* напорное масло, которое своим давлением закрывает клапан *A* и открывает при этом клапан *B*. Возникающее при этом противодействие поглощается не регулятором, а поршнем *F*, и рычаг *G* опять приводит золотник *M* в его среднее положение.

При работе только одним свежим паром поршень J при самом низком положении держит клапан A закрытым аккумуляторным распределением и точка R опять образует момент вращения для движений рычага G . При колебаниях нагрузки этот рычаг поворачивается посредством поршня F и открывает или закрывает клапан A .

В условиях смешанной работы моменты регулирования соответствуют тем же положениям, причем, если одновременно происходят изменения нагрузки и давления в аккумуляторе, то оба распределения приходят в действие одновременно.

Относительно регулирования турбин с промежуточным отбором пара говорилось в гл. XI.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

Конденсация паровых турбин.

Общие указания и устройство конденсации.— Поверхностные конденсаторы.— Конденсаторы со вспыскиванием.— Насосы конденсационных устройств

Общие указания и устройство конденсации.

Конденсатором или холодильником называют сосуд, в который отводится из турбины отработавший пар и в котором пар сгущается в воду (конденсат). Подобным устройством имеется в виду образование возможно большего разрежения, называемого также вакуумом и пустотой, в том пространстве, в которое выпускается отработавший пар. Разрежение образуется вследствие того, что пар приходит в соприкосновение с холодной водой или холодными поверхностями и отдает им часть своей теплоты и благодаря этому переходит в жидкое состояние, причем степень получаемого разрежения зависит от того, насколько интенсивно отнимается от пара теплота.

Образование возможно высокого вакуума в конденсаторе представляет собой необходимое условие экономичности работы турбины, так как высокий вакуум выражается в заметном увеличении количества тепла, отдаваемого паром и могущего быть превращенным в полезную работу в турбине.

Если для сравнения взять поршневую паровую машину, то окажется, что в то время, как у нее предел экономичности достигается уже при разрежении в 85—87%, а при более высоких степенях разрежения начальная стоимость и расход пара сильно возрастают в связи с требуемым тогда конструктивным повышением размеров машины и связанными с этим осложнениями, этот предел у паровой турбины может быть доведен до степени разрежения в 95% и даже выше без заметных конструктивных и рабочих затруднений. Кроме того, турбина лучше паровой машины удовлетворяет условию высокого вакуума еще и потому, что она лучше предупреждает проникновение во внутреннюю часть воздуха, которое в турбине возможно только у сальников вала, но они очень хорошо уплотнены запорным паром в лабиринтовой набивке.

Как и в поршневых машинах, в турбинах применяются два типа конденсаторов: а) со вспыскиванием (смешением), в кото-

ром пар и охлаждающая вода приходят в непосредственное соприкосновение, и б) поверхностные, когда пар охлаждается при обтекании им металлических поверхностей (трубок), помещенных в конденсационном сосуде, внутри которых циркулирует холодная вода. Коренное различие между этими двумя системами заключается в способе питания их водой.

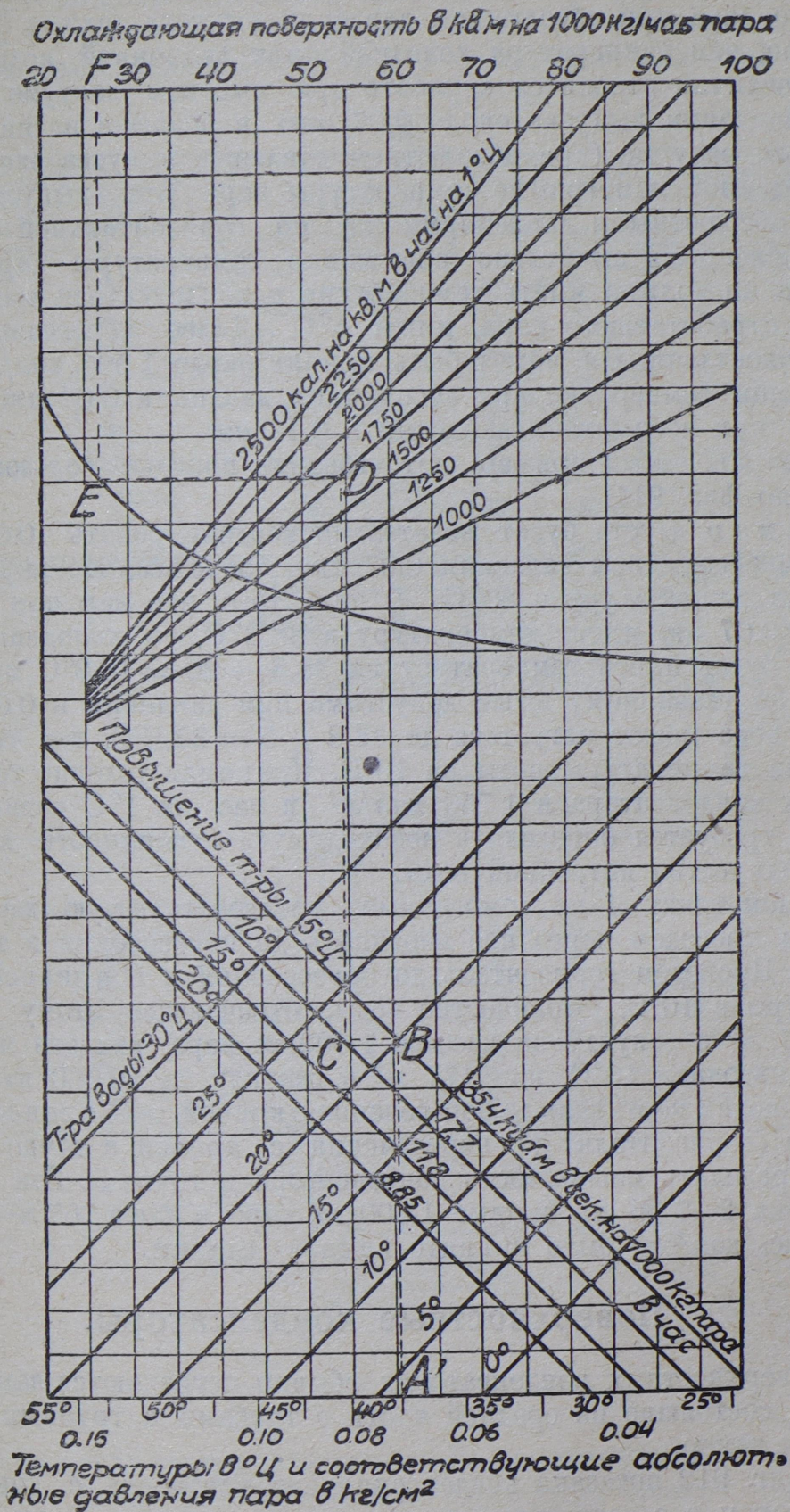
Из обеих указанных систем конденсаторов первый, вследствие не-
большой начальной стоимости, применяется только в небольших установ-
ках, примерно до 250—350 л. с., тогда как в более крупных имеет при-
менение исключительно поверхностная конденсация. Глав-
нейшим преимуществом этой последней можно считать, помимо общих
условий, возможность повторного использования без очистки питательной
воды для котлов, которая получается из конденсата, свободного от вс.
ких вредных примесей. При данной системе не требуется необходимых
при конденсации смешением водоочистительных установок в предупре-
ждение возможного засорения котлов и трубопроводов. Добавление свежей
питательной воды необходимо лишь в незначительном количестве. За-
тем, при втором типе конденсации легче достижимы большие разрежения,
хотя, нужно отметить, с высотой вакуума возрастают начальная сто-
имость устройства и расход на затрату энергии для приведения насосов.
Начальная стоимость в некоторых случаях доходит свыше 5% стоимости
всей установки, а требуемое место для конденсационной части иногда
оказывается в несколько раз больше места, занимаемого самой турбиной.
Наконец, при поверхностной конденсации нет опасности от образования
накипи на лопатках, которая при невнимательном обслуживании может
появиться при конденсации смешением.

Отмеченные два недостатка поверхностных конденсаторов в современных конструкциях стараются устранить путем лучшей теплоотдачи пара поверхностям охлаждения и связанного с ней объема конденсационной камеры.

В оборудовании с несколькими турбинами, где, казалось бы, может быть применена центральная система конденсации, эта последняя обыкновенно не применяется вследствие затруднительности при ней образования большого вакуума. В таких случаях каждая турбина оборудуется отдельным устройством, из которых, в случае необходимости обратного охлаждения конденсата, несколько из них имеют общую охлаждающую установку.

Компания паровых насосов Вортингтон дает номограмму, отнесенную к расходу пара в 1 000 кг/час, для определения охлаждающей поверхности конденсатора и количества циркуляционной воды, потребных при различных условиях работы паротурбинной установки. Номограмма эта приведена на фиг. 911.

При пользовании номограммой должны быть сделаны некоторые допущения и приняты во внимание некоторые известные величины, а именно. Средняя температура подаваемой охлаждающей воды выводится на основании опытных данных, данных метеорологических сводок или же делается некоторое допущение. Это условие определяет до известной сте-



Фиг. 911.

пени вакуум, который с успехом может быть достигнут. Температура насыщенного пара при абсолютном давлении выпуска должна быть на $15-30^{\circ}\text{C}$ выше, чем температура холодной циркуляционной воды, — меньшая из этих величин относится к работе при высоком вакууме (при абсолютном давлении выпуска около $0,07\text{ ат}$) и большая из них — к работе при низком вакууме (при абсолютном давлении выпуска около $0,14\text{ ат}$). На приведенной номограмме температуры пара при выпуске нанесены вместе с абсолютными давлениями его по горизонтальной оси. После этого должно быть вычислено повышение температуры циркуляционной воды. Она не должна иметь температуру в конденсаторе выше, чем температура отработавшего пара, минус 5°C . Далее определяется коэффициент теплоотдачи. Он может быть принят около 1500 кал/м^2 в час при 1°C разницы температур при абсолютном давлении $0,07\text{ ат}$ и от 1750 до 2000 при абсолютном давлении в $0,14\text{ ат}$.

Нижеприводимый пример дает указание порядка пользования номограммой по фиг. 911.

Пример. Пусть будет желательно конденсировать $10\,000\text{ кг}$ пара в час при абсолютном давлении $0,07\text{ ат}$. Допустим, что циркуляционная вода имеет температуру в 20°C . В виду того, что пар при абсолютном давлении $0,07\text{ ат}$ имеет температуру в $38,8^{\circ}\text{C}$, то холодная охлаждающая вода будет иметь температуру на $38,8 - 20 = 18,8^{\circ}\text{C}$ меньшую, чем пар. Это по указанному выше допустимо при давлении в $0,07\text{ ат}$. Охлаждающая вода может нагреться до $38,8 - 5 = 33,8^{\circ}\text{C}$, так что допустимо повышение температуры воды на 10°C . Принимая условно теплопередачу в трубках конденсатора в 1750 кал/м^2 в час на 1°C разницы в температуре, требуется определить необходимую поверхность холодильника в м^2 и количество потребной воды.

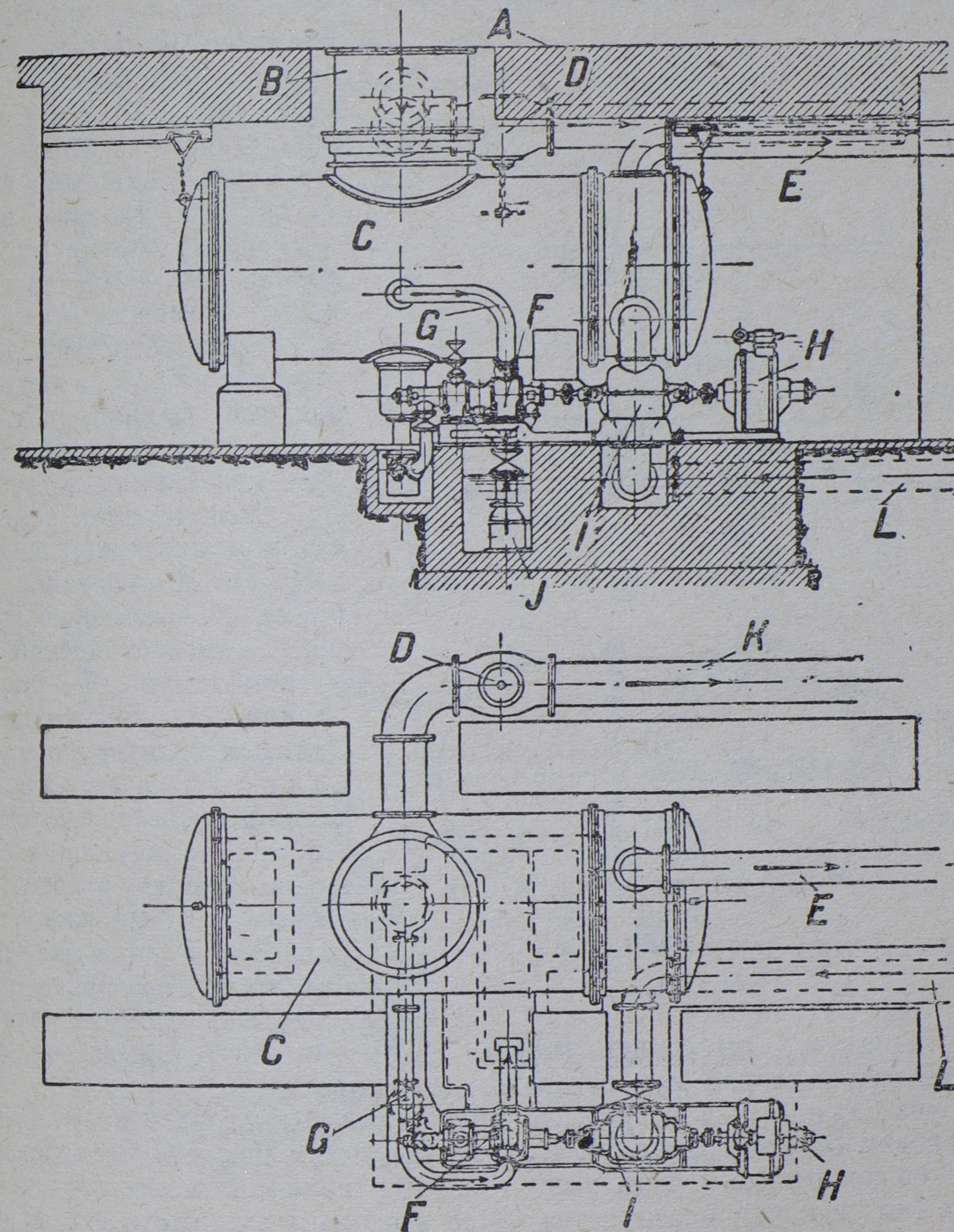
Возьмем точку A на номограмме, соответствующую желаемому давлению, и проведем через нее вертикаль до пересечения в точке B с линией 20° . Проведем горизонталь до пересечения в C с линией повышения температуры в 10°C . Количество воды, отвечающее этому повышению, будет $17,7\text{ м}^3$ в секунду на каждые $1\,000\text{ кг}$ пара, как это можно отсчитать по диагонали 10°C , или 177 м^3 в секунду на $10\,000\text{ кг}$ пара в час. Далее, проводим вертикаль до пересечения с кривой в D с линией 1750 кал и отсюда горизонталь до пересечения с кривой в точке E . Теперь можно определить поверхность конденсатора в точке F . Эта поверхность будет равна $26,7\text{ м}^2$ на каждые $1\,000\text{ кг}$ пара в час и 267 м^2 на $10\,000\text{ кг}$ пара в час, как это было принято нами в задании.

Поверхностные конденсаторы.

В поверхностных конденсаторах обычно встречаются замкнутые конструкции, состоящие из средней части с трубами и трубных днищ и двух отстойных камер.

На фиг. 912 показана конденсационная установка с поверхностным конденсатором и с соответствующими трубопроводами. Здесь A — половой настил машинного помещения; B — паровыпускная труба турбины; C — кон-

денсатор; D — предохранительный клапан; E — нагнетательная труба для теплой воды к охладителю; F — воздушный насос; G — воздуховсасывающая труба; H — вспомогательная турбина; I — насос для холодной воды; J —



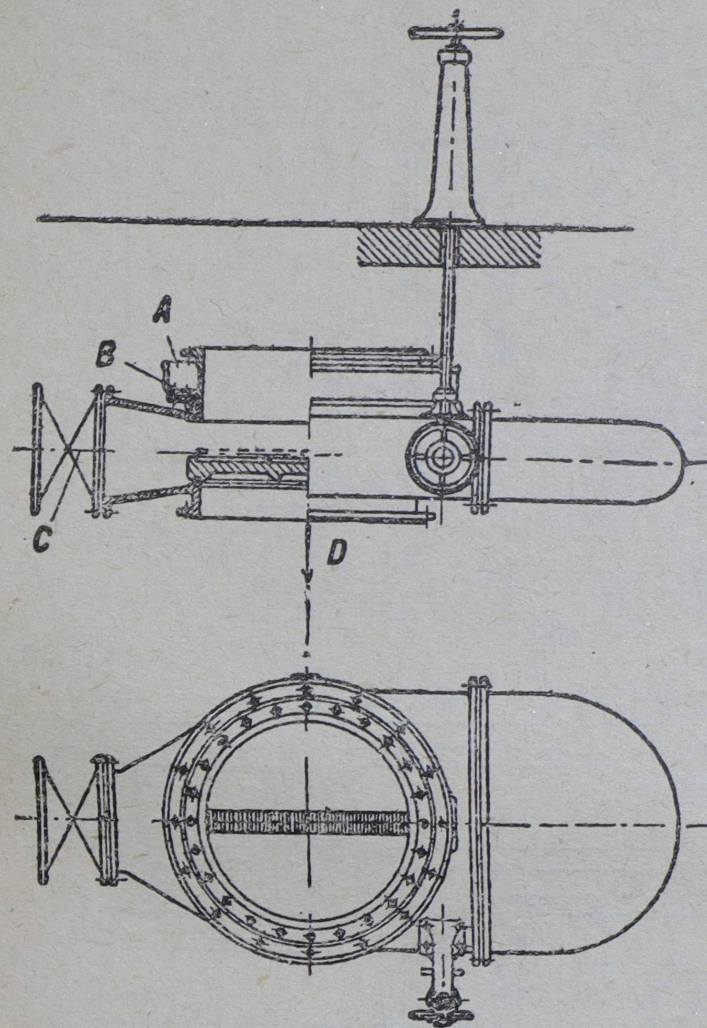
Фиг. 912.

всасывающая труба воздушного насоса; K — выпускная труба для выпуска отработавшего пара; L — всасывающая труба охладителя.

Из чертежа по фиг. 912 видно, что при турбинных установках конденсационная часть располагается непосредственно под турбиной для воз-

можно более короткого протяжения отводной трубы для отработавшего пара.

Отработавший пар направляется в конденсатор через отверстие, расположенное по середине длины вверху, что обычно и имеет место на практике. Соединение турбины с конденсатором бывает упругим, чем дается возможность им обоим расширяться независимо один от другого. Для этой цели в трубе *В* монтируют уплотняемый водой сальниковый компенсатор, чем избегается требуемый в этом трубопроводе соединительный фланец, подающий легкому протеканию при колебаниях нагрузки.

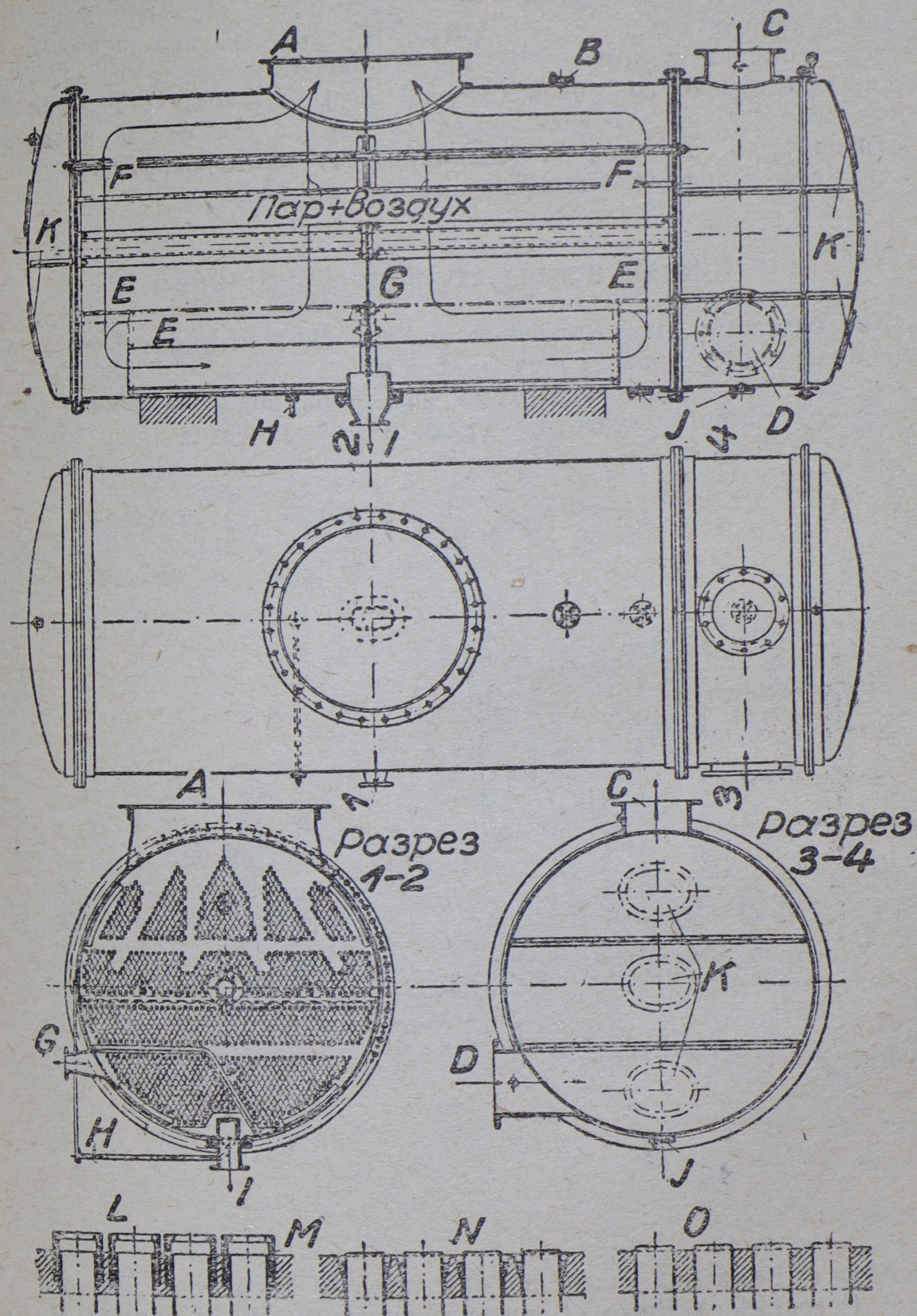


Фиг. 913.

Этот компенсатор или иначе затворная задвижка дает возможность выпускать пар в атмосферу, когда есть необходимость работать с выхлопом. Задвижка поворачивается из машинного отделения помощью ручного колеса и зубчатокосной передачи; выпускной клапан автоматически открывается при закрытой задвижке или при отказе конденсатора.

Труба для выпуска конденсата присоединяется к конденсатору внизу. При условии отдельного отвода воздуха конденсат может быть нагреваем, но при общем отводе с воздухом, т.е. при наличии мокро-воздушных насосов (см. дальше), оказывается более выгодным охлаждать его в предупреждение нагревания откачиваемого вместе с ним воздуха в насосе, а также для дополнительного испарения конденсата и уменьшения веса откачиваемого воздуха.

Отсос воздуха от конденсатора должно брать в наиболее холодном месте, причем штуцер для присоединения к соответствующему трубопроводу должен быть расположен по возможности недалеко от места поступления холодной воды.



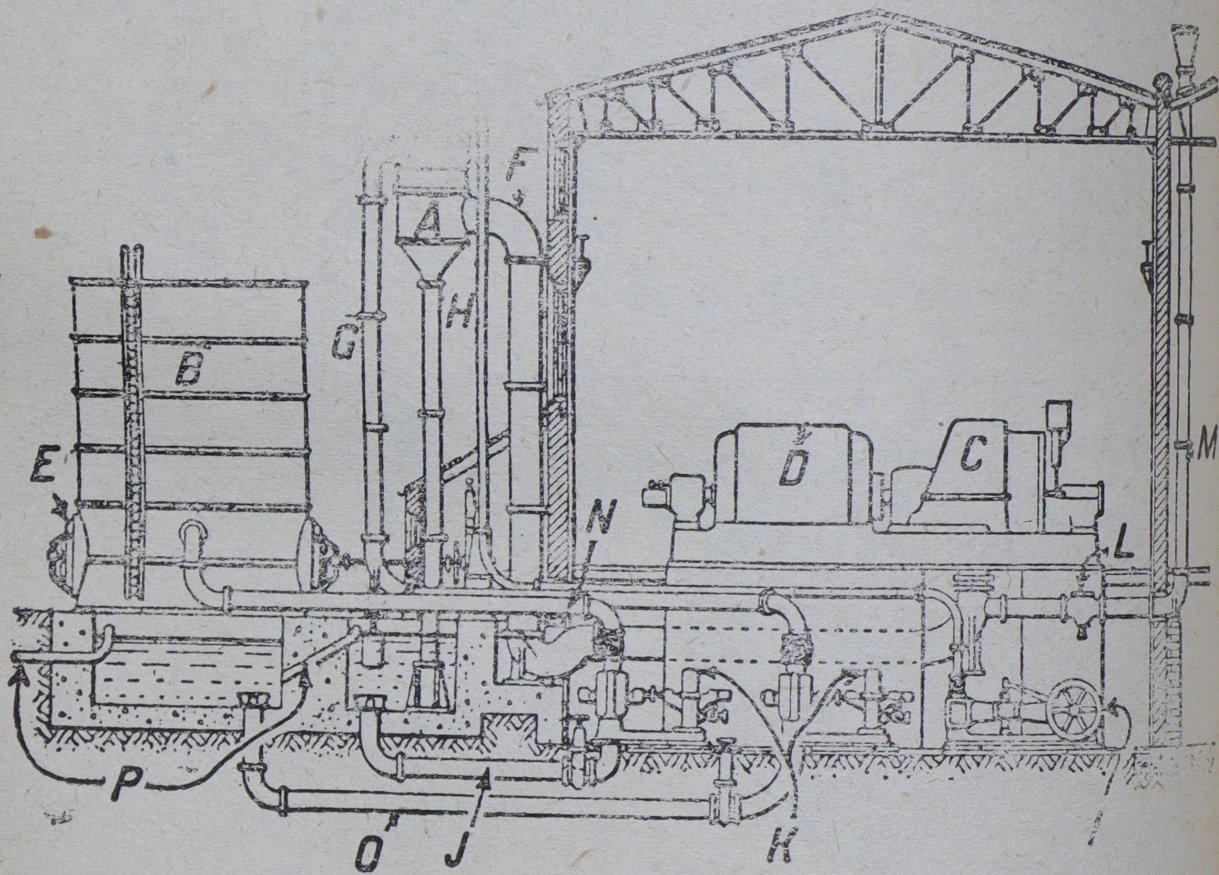
Фиг. 914.

На фиг. 914 изображен тот же конденсатор в отдельном виде. Здесь *A*—место присоединения трубы для отработавшего пара турбины; *B*—присоединение вакуумметра; *C*—место присоединения трубы для теплой воды к охладителю; *D*—впуск холодной воды; *E*—воздух; *F*—пар; *G*—выпуск воздуха; *H*—уровень воды; *J*—труба для отвода конденсата; *K*—отпуск воды; *L*—лаз; *M*—сальники; *N*—винтовая резьба сальников; *O*—резновое кольцо; *P*—неподвижная завальцовка.

Конденсаторы со впрыскиванием.

Конденсаторы со впрыскиванием или смешением называются также струйными и инъекционными.

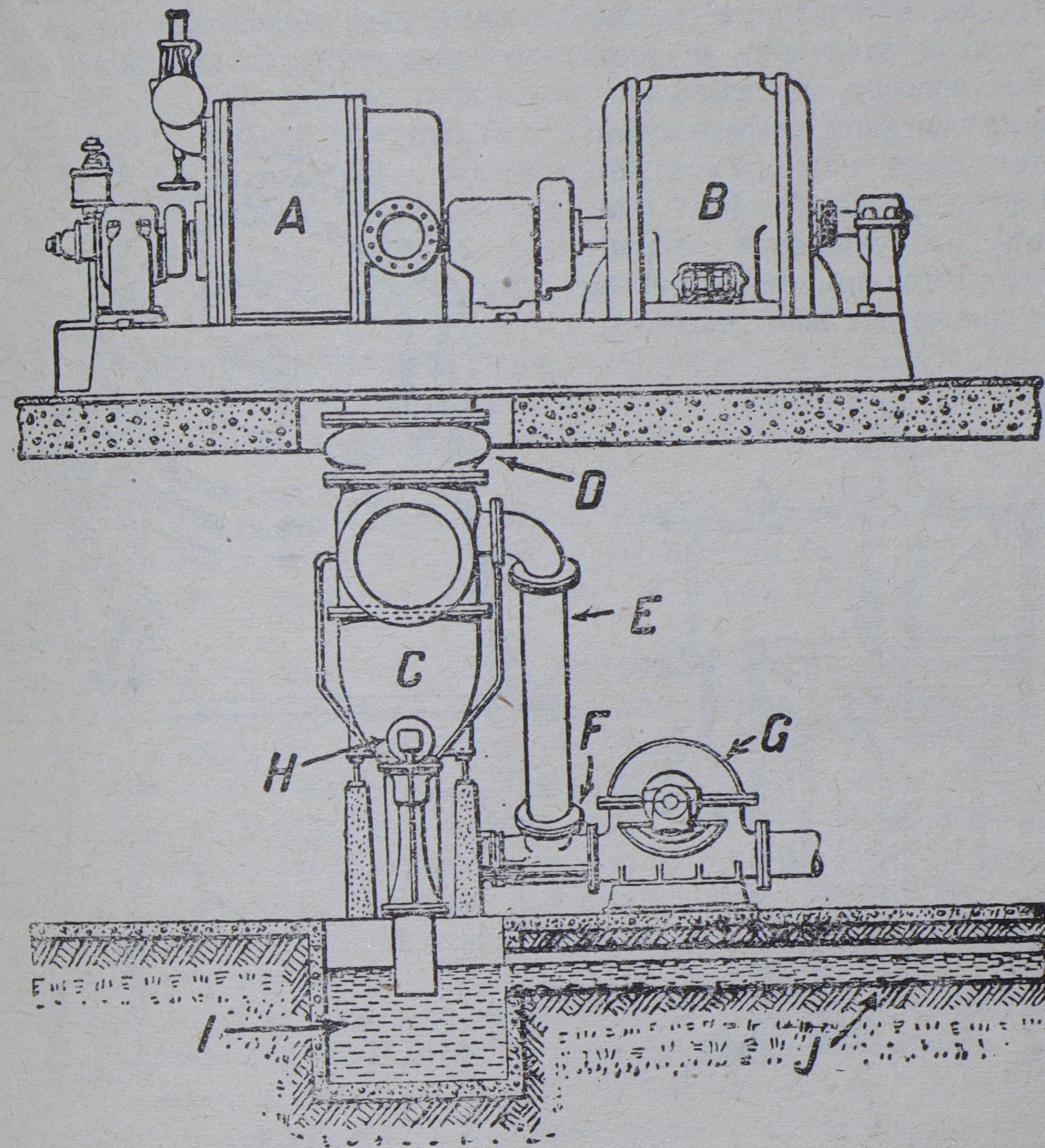
На фиг. 915 изображена схема паротурбинной установки с барометрическим струйным холодильником *A* и охладительной башней *B*,



Фиг. 915.

выполнения Компании насосов Ворthingтон (Worthington Pump Machinery Corporation). Через *C* отмечена турбина; *D*—генератор; *F*—вентилятор охладительной башни; *G*—труба для отработавшего пара, подающая его в струйный конденсатор *A*; *H*—трубопровод для холодной воды; *I*—воздушная труба; *J*—сухой воздушный насос; *K*—всасывающая

труба для горячей воды; *K*—циркуляционные насосы; *L*—предохранительный клапан на трубопроводе выхлопа; *M*—выхлопная труба; *N*—труба для впуска горячей воды в башню; *O*—всасывающая труба для холодной воды, питающей конденсатор; *P*—сливные трубы.



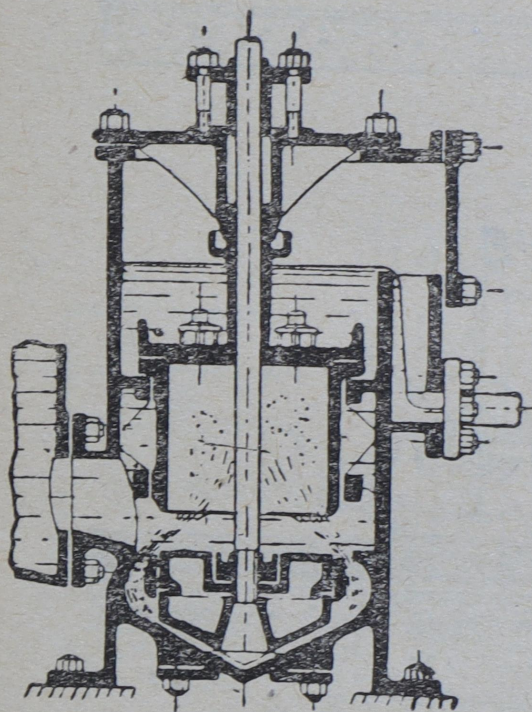
Фиг. 916.

На фиг. 916 показана паротурбинная установка с многоструйным конденсатором, не требующая воздушного насоса и насоса для конденсата (выполнения фирмы Schutte & Koerting Co).

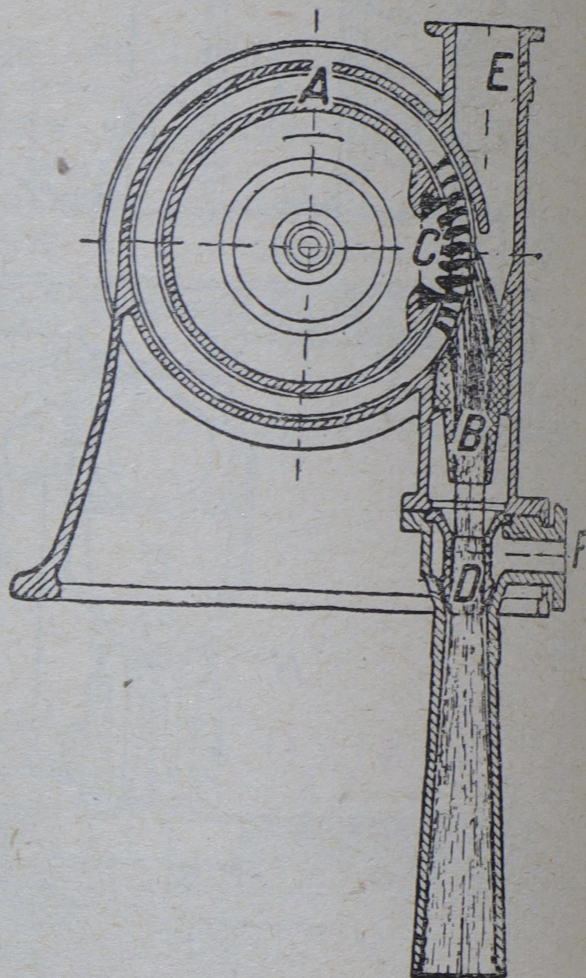
Здесь *A*—турбина; *B*—генератор; *C*—многоструйный конденсатор; *D*—эластичное соединение турбины с конденсатором; *E*—напорная труба от насоса к конденсатору; *F*—сетка; *G*—центробежный циркуляционный насос для холодной воды; *H*—прибор для допуска атмосферного воздуха; *I*—бассейн для теплой воды; *J*—сливная труба.

Насосы конденсационных устройств.

Для удаления воздуха и сгущенных паров из конденсатора могут быть применяемы как мокро-воздушные поршневые насосы, так и центробежные, называемые также и вращательными воздушными насосами. Однако, первый тип насосов в настоящее время почти не применяется, и хотя вторые и не достигают коэффициента полезного действия поршневых насосов, но зато обладают преимуществом возможности устройства вращательного центробежного насоса в комбинации для конденсата и холодной воды. Этим значительно упрощается передача движения всем насосам,



Фиг. 917.



Фиг. 918.

которая производится при помощи электромоторов или посредством небольшой вспомогательной турбины (см. *H* на фиг. 912). При электрической передаче вращающиеся воздушный и для холодной воды насосы устанавливаются в большинстве случаев по обеим сторонам мотора на общей с ним фундаментной плите, тогда как для насоса конденсатной воды устанавливается отдельный мотор. При приводе от вспомогательной турбины все три насоса стоят рядом, как это видно из той же фиг. 912.

В последнем случае для пуска в ход сначала необходимо образовать вакуум при помощи вспомогательной турбины, до чего главная турбина

не пускается в работу с выхлопом, как это имеет место при электрическом приводе к насосам.

Некоторые заводы вместо центробежных воздушных насосов ставят для засасывания находящегося в конденсаторе воздуха простые струйные аппараты без лопастного колеса, сообщающие струе воды в сопле необходимую для засасывания воздуха скорость и затем обращающие полученную скорость в давление для сжатия воздуха до величины атмосферного давления. Потребная вода доставляется или особым центробежным насосом или просто применяется охлаждающая вода конденсатора (фиг. 915 и 916). В последнем случае струйный аппарат ставится внутри конденсатора, из которого струя холодной воды увлекает воздух (см. фиг. 916). Извлечение воздуха достигается насосом для холодной воды, который, в случае надобности также поднимает ее на охлаждающую башню.

Эти устройства называются также конденсациями безвоздушных насосов, и они, при большой простоте и надежности в работе, доставляют весьма высокий вакуум при небольшом расходе энергии.

Поршневые мокро-воздушные насосы, как уже было упомянуто, находят себе редкое применение в турбинных установках. Применяющиеся же конструкции имеют всасывающие щели и часто бывают двухступенчатые.

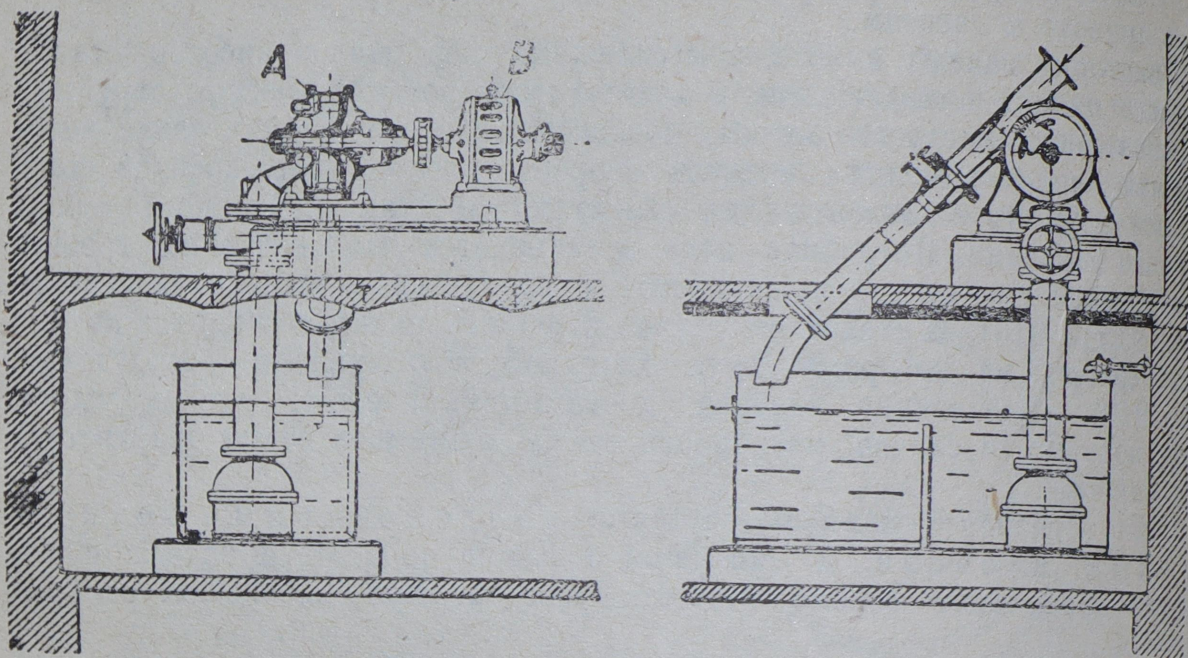
Приведенный на фиг. 917 насос системы Эдвардса представляет собой поршневую конструкцию, вертикального типа, простого действия, но ни всасывающих, ни поршневых клапанов здесь не имеется, а имеются одни только нагнетательные, расположенные в крышке вставленного в насосный конус цилиндра. Всасывающие клапаны здесь заменены щелями, через которые скопляющаяся в насосе смесь воды и воздуха при нисходящем движении поршня выдавливается вверх; при восходящем движении поршня щели закрываются и смесь выдавливается через нагнетательные клапаны.

К преимуществам щелевых насосов нужно отнести следующее: а) отсутствие всасывающих клапанов; б) вода не только притекает к насосу, но и вдавливается в него поршнем; в) нагнетательные клапаны легко доступны даже во время работы. Недостатком считается то обстоятельство, что насос не выдерживает большой высоты нагнетания, которая никогда не должна превышать 1,5 м. При больших высотах нагнетания за этим насосом устанавливается другой нагнетательный насос, который и поднимает дальше воду.

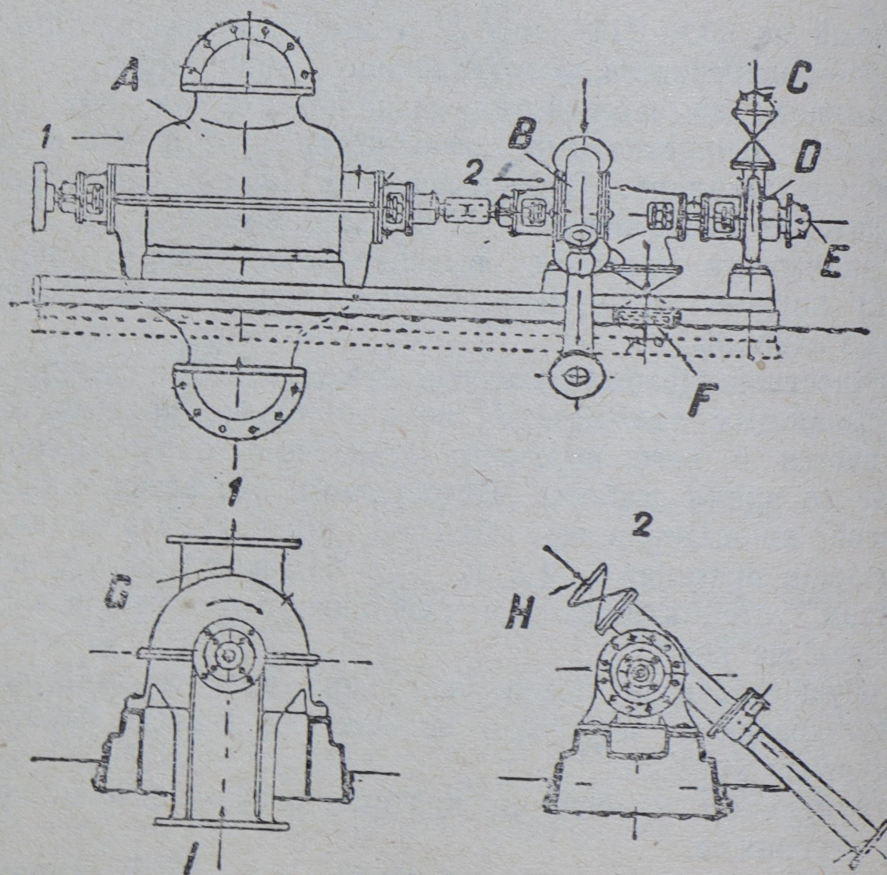
Привод осуществляется обычно посредством электромотора со включением зубчатокосной передачи, так как эти насосы работают с небольшой скоростью поршня.

В конструктивном отношении щелевые насосы бывают одиночные, сдвоенные и строенные.

На фиг. 918 приведен центробежный воздушный насос системы Вестингауз-Леблан, пользующийся широкой и вполне заслуженной репутацией. Насос состоит из рабочего колеса *A*, сопла *B* и диффузора *D*. Посту-

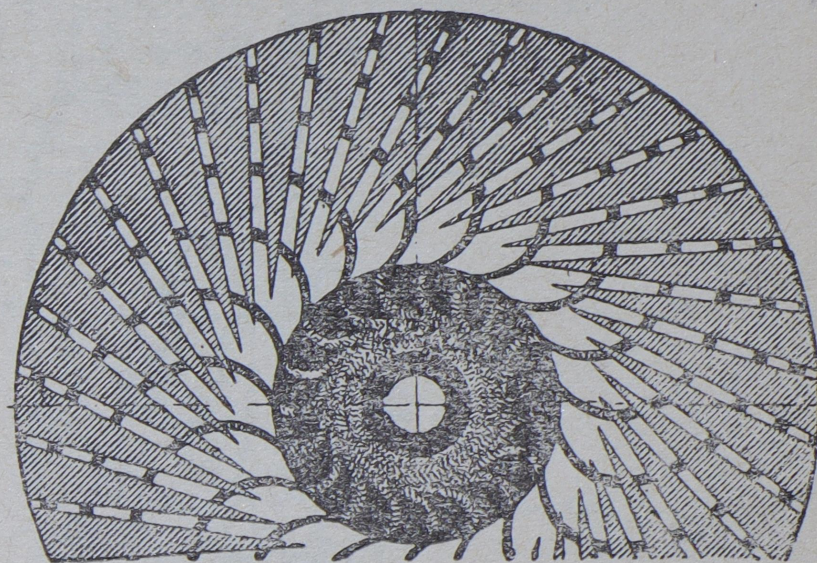


Фиг. 919.



Фиг. 920.

находящая при *C* вода в лопатках колеса с частичным подводом ускоряется и в виде отдельных струй быстро протекает в сопло *B*, при чем эти струи увлекают с собой часть объема поступающей в *E* паровоздушной смеси. В диффузоре смесь сжимается до атмосферного давления. Рабочая вода, подаваемая из колодца или обратно-охлажденная непрерывно циркулирует, засасываясь из резервуара под насосом и накачиваемая им туда обратно, как показано на фиг. 919, где *A*—вращательный воздушный насос (системы Вестингауз-Леблан), а *B*—электромотор. В виду того, что вода при этом несколько нагревается, то предназначенная для питания котла вода спускается в этот резервуар. Пуск в ход воздушного насоса производится путем доставки свежей воды в штуцер *F* и образуемое при этом некоторое разрежение воздуха вполне достаточно для засоса рабочей воды.



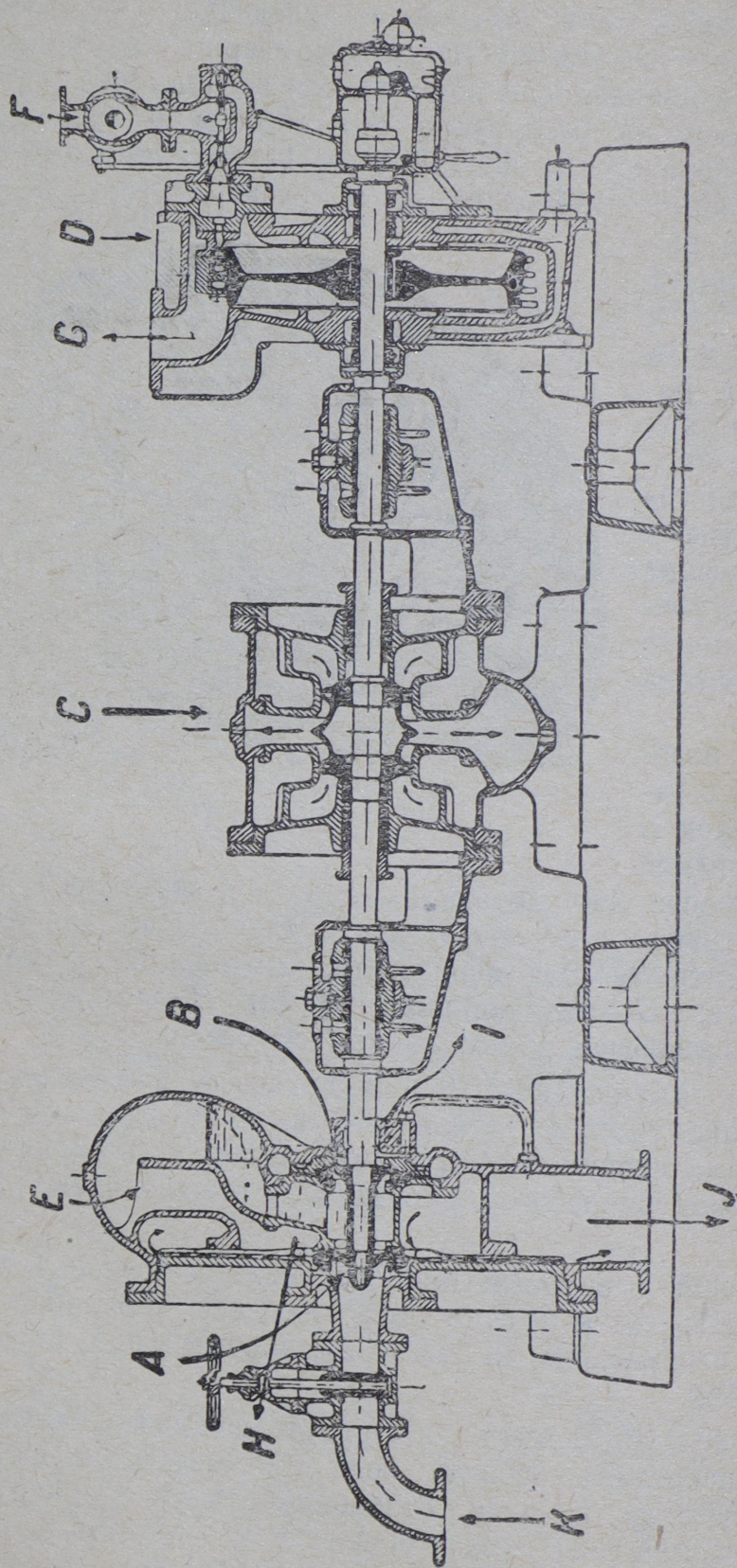
Фиг. 921.

На фиг. 920 изображена установка с одним общим приводом с насосом для холодной воды. Здесь *A*—насос для холодной воды; *B*—воздушный насос; *C*—нагнетательная труба для конденсата; *D*—насос для конденсата; *E*—всасывающая труба для конденсата; *F*—водо-всасывающая труба воздушного насоса; *G*—водонапорная труба; *H*—воздуховсасывающая труба; *I*—водовсасывающая труба; *J*—выпуск смеси.

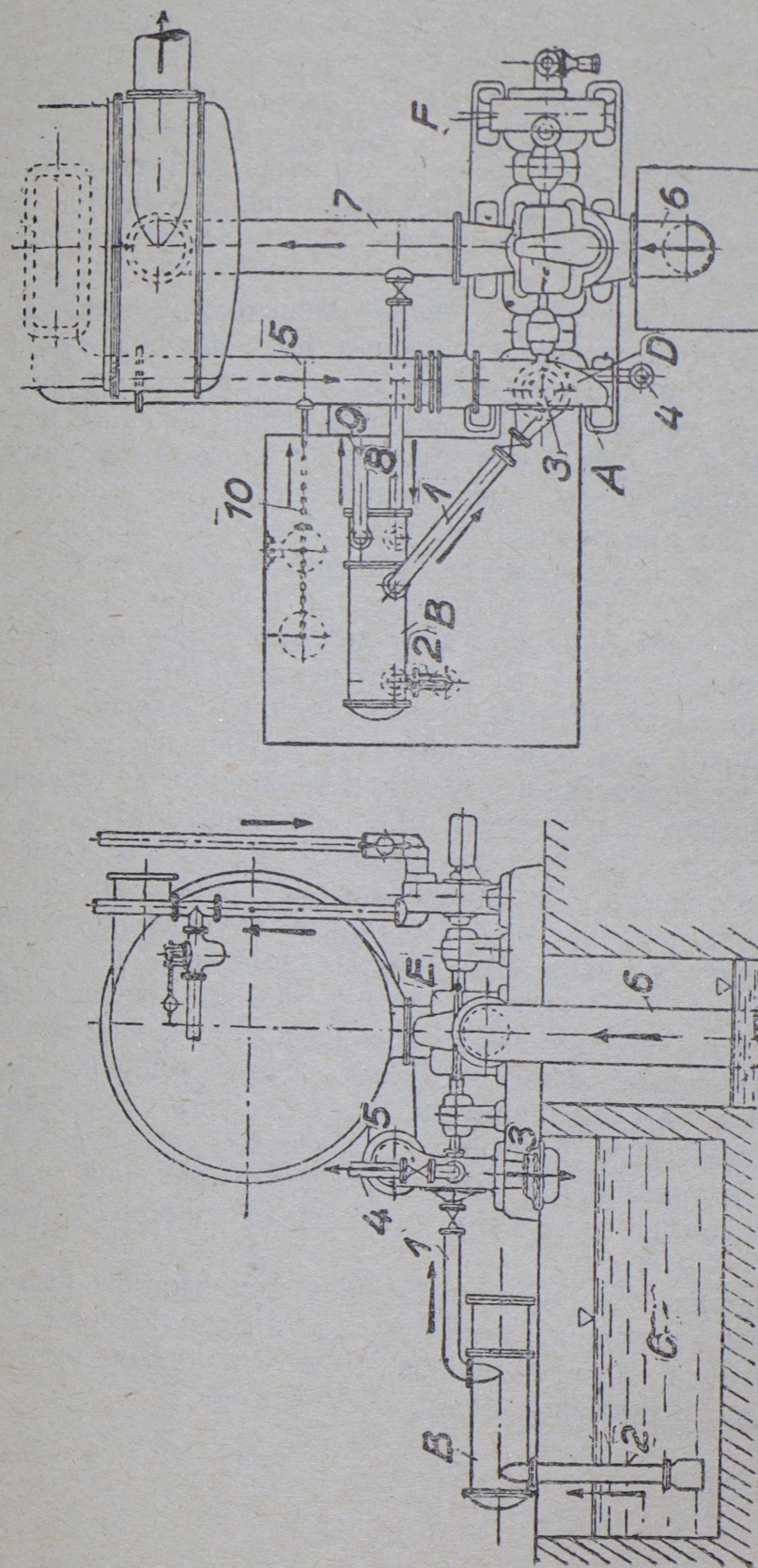
Приведенные на фиг. 918, 919 и 920 насосы изготовления германского завода Балке (Бохум), строящего их по патентам Вестингауз-Леблана. Эта фирма строит насосы в двух моделях, а именно: а) в виде тихоходных для электрического привода и б) быстроходных для турбинного привода.

Кроме широкой распространенности насосов Вестингауза, большой популярностью пользуется также центробежный насос ВКЭ, рабочее колесо которого изображено на фиг. 921, а общий вид насосной установки—на фиг. 922.

Колесо *A* (фиг. 921) имеет сильно утолщенные кнаружи лопатки, а поступающая посредине рабочая вода выбрасывается из него через широкое пространство в виде отдельных струй. Струи воды забирают с собой засасываемый воздух и поступают в диффузор, имеющий в этой конструкции форму направляющего диска с прямолинейными каналами; здесь воздух сжимается и выпускается в атмосферу.



Фиг. 922.



Фиг. 923.

Как показано на фиг. 922, воздушный насос *A* соединен с центробежным конденсационным насосом *B*, который нагнетает конденсат непосредственно во всасывающее пространство рядом стоящего котельного питательного насоса, при чем оба они, вместе с центробежным насосом *C* для холодной воды приводятся одной небольшой турбиной *D*, число оборотов которой доходит до 2500 в минуту. Дальнейшие обозначения на фиг. 922 показывают: *E*—впуск воздуха и конденсата; *F*—впуск пара; *J*—выпуск пара; *H*—присоединение эжектора; *I*—выпуск конденсата; *G*—выпуск воздуха и воды из центробежного насоса; *K*—впуск воды в центробежный насос.

Фиг. 923 представляет собой общее расположение системы конденсации. Здесь воздушный насос *A* получает воду по трубе 1 из водоотделителя *B*, в который она в свою очередь поступает по трубе 2 из резервуара *C*, питаемого водой при помощи насоса трубой 3. Воздух и конденсат засасываются по трубе 5 и поступают в конденсационный насос *D*, нагнетающая труба которого обозначена через 4. Всасывающая труба 6 и нагнетательная 7 предназначены для насоса *E* для холодной воды. Вода, необходимая для охлаждения рабочей воды, берется из трубы 7 посредством трубы 8; отвод этой воды осуществляется при посредстве трубы 9. Труба 10 предназначена для удаления воздуха из рабочей воды. Через *F* обозначена вспомогательная паровая турбина.

Что касается конструктивного выполнения насосов для холодной воды и конденсационных, при поверхностных конденсаторах, то и они подобно воздушным насосам в огромном большинстве строятся в виде центробежных насосов, а не поршневых, чем достигается более простой их привод. Насосы эти бывают двух типов: 1) одноступенчатые низкого давления, предназначенные для низких давлений и небольших высот подачи, в большинстве случаев устраиваемые без направляющих колес и снабжаемые спирального вида кожухом; 2) многоступенчатые высокого давления, предназначенные для высоких давлений и больших высот подачи, которые, напротив, снабжены особыми направляющими колесами. Впуск воды в первых насосах производится в кожух и к рабочему колесу с двух сторон и симметрично, чем предупреждается осевой сдвиг, тогда как впуск воды во вторых—происходит односторонний и благодаря этому осевой сдвиг должен поглощаться имеющимся в конструкции особым упором или разгрузочным поршнем.

Как уже говорилось, при электрическом приводе насос для конденсата снабжен отдельным мотором, а насосы для холодной воды и воздушный приводятся от одного общего мотора. При турбинном приводе все три насоса приводятся в движение ею.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

Установка паровых турбин.

Общие указания о распорядке работ.—Порядок при сборке крупных агрегатов.—Меры предосторожности при установке.—Окончательная установка турбины.—Инструкции.

Общие указания о распорядке работ.

Касаться установки турбин во всем объеме мы не будем, так как это заняло бы слишком много места и не принесло бы особо существенной пользы по той причине, что монтажные работы паротурбинных оборудований обычно производятся заводами-производителями и роль собственника установки сводится обычно к контрольным функциям. Этот контроль должен осуществляться на основании заключенных договоров, существующих норм сдачи и приемки, выработанных Всесоюзными теплотехническими съездами, и в соответствии с теми специфическими условиями, которыми обладает данное производство.

Самый распорядок производственных работ распадается на следующие стадии, в общих чертах однородные с порядком ведения монтажных работ в отношении поршневых паровых машин и двигателей внутреннего сгорания.

1) Разбивка места под машинное помещение, добавочные устройства, водоснабжающие приспособления и т. п. (в том числе, конечно, и для котельного оборудования), если в этом встречается необходимость. В отношении собственно турбины главнейшими частями установки являются планировка фундамента и разметка трубопроводов.

2) Рытье котлована под фундамент и возведение самого фундамента.

3) Распаковка и приемка частей турбины и ее производных, хранение и подача к месту работ (подача должна быть обеспечена необходимыми транспортными и подъемными средствами).

4) Установка на фундаменте турбинного основания (статора); нивелировка и проверка его положения на фундаменте и последующая заливка на цементном растворе.

5) Производство первоначальной установки машинных частей и их пригонка. Опорные и упорные подшипники турбинного вала, муфта,

регулятор и другие части должны быть установлены достаточно точно, чтобы турбина без затруднений поддавалась медленному вращению.

6) Установка различных вспомогательных оборудований, как-то: конденсатора и системы насосов с трубопроводами, водоснабжающей и отводящей системы, масляной системы и т. д.

7) Присоединение к турбине вспомогательных устройств.

8) Последняя проверка всех частей, соединений, вспомогательных устройств и т. п. и производство окончательной пригонки в рабочем состоянии.

9) Первый пробный пуск в ход на холостую, причем регулятор должен быть установлен при вращении турбины с нормальной скоростью.

1. Разбивка места. Установка небольших турбин обычно не вызывает сколько-нибудь заметных трудностей в смысле выбора для них места, так как турбина может быть поставлена там, где это желательно. Иное дело при составлении плана установки крупных и средних турбин, когда должны быть предусмотрены места, необходимые для всех трубопроводов и опорных частей, водоснабжающее оборудование и т. п., не говоря уже о котельной. Необходимо иметь в виду, что расположение трубопроводов и опор должно быть рассчитано таким образом, чтобы оно не вызывало вредных напряжений и длиннот. Все вспомогательные механизмы и принадлежности должны допускать свободное маневрирование краном.

Система охлаждения генератора и турбины, соединение паровых магистралей должны быть вполне разработаны.

Размещение фундаментов и опор больших турбин должно предусматривать добавочные напряжения, возникающие из-за наличия разрежения в турбине.

Что касается собственно разбивки места под машинное помещение, то оно производится в соответствии с установочным заводским чертежом в общих чертах по тем рабочим методам, которые были указаны нами для поршневых паровых машин и двигателей внутреннего сгорания.

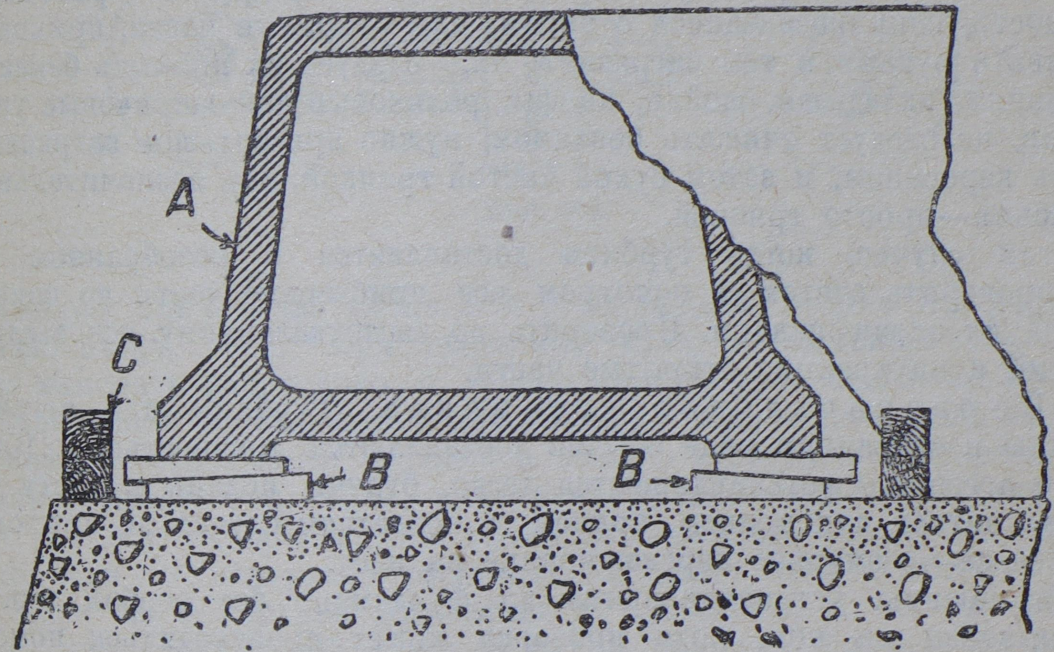
2. Фундаменты для небольших турбин без конденсации выкладываются из бетона или кирпича на основании (постели) из бетона или бутовой плиты. Фундаменты для средних и крупных турбин обычно строятся пустотелыми с той целью, чтобы конденсатор и вспомогательные механизмы могли быть размещены непосредственно под турбиной.

Фундамент часто строится в виде верхней платформы (плиты), которая поддерживается системой бетонных столбов, опирающихся на нижний фундамент (основание).

Необходимо помнить при проектировании и постройке фундамента, что он служит и для поддержания правильной установки осевых линий валов; постоянство этих линий зависит от степени жесткости фундамента.

При малых турбинах нельзя ставить фундаментную раму турбины непосредственно на деревянный пол без укрепления его надежной жесткой бетонной плитой или железной конструкцией для защиты машинной рамы от прогиба.

Установка турбины на фундаменте производится при помощи стальных клиньев, толщиной, примерно, в 2,5 мм. Как и в случае для других тепловых двигателей, турбину слегка перемещают или оперируют клиньями, пока не будет достигнут требуемый уровень. Горизонтальность рамы турбины определяется точным спиртовым уровнем, который устанавливается на отдельных приливах турбинной рамы; приливы эти обычно располагают на надлежащих местах рамы и пришабривают их точно по ватерпасу в сборочной мастерской завода.



Фиг. 924.

На фиг. 924 показана установка турбинной рамы на фундамент, где: А—рама; В—стальные клинья; С—деревянное ограждение для будущей заливки цементным раствором.

Проверка правильности положения рамы на лице фундамента производится по всему обводу рамы, так как нередко случается коробление рамы при перевозке, но не в одной или в двух точках. Когда рама окончательно выверена, ее положение закрепляется намертво заливкой под нее раствора.

Ограждение выполняют из деревянных брусков или толстых досок высотой в 75—100 мм, а заливаемое пространство под рамой и внутри ограждения по высоте обычно бывает в 50—75 мм.

Убирают ограждение примерно через 2—3 часа после заливки, а излишек цемента—отбивают. Клинья убираются, при желании, уже через 2—3 дня, если фундаментные болты затянуты, однако не ранее, чем цемент хорошо схватил.

Предварительная нивелировка и фиксация осевой линии турбины производится обычно после установки на место всех главных ее частей но до присоединения трубопроводов и вспомогательных механизмов.

3. Приемка прибывающих частей должна быть произведена тщательно.

Если турбина доставлена в собранном виде (малой модели), следует удостовериться, что заглушки входных и выходных отверстий трубопроводов целы и что никаких посторонних предметов туда случайно не попало. Необходимо внимательно осмотреть все трубопроводы, арматуру измерительные инструменты, целостность отдельных частей.

Перед установкой на место нужно вычистить все турбинные части тряпками, а если камеры с угольной набивкой или другие обработанные поверхности, соприкасающиеся с паром, или открытые части, приходится захватывать руками и тем загрязнять их, — следует их промыть бензином. Подшипники, вкладыши, шейки, цапфы, роликовые или шариковые упоры, напротив, не следует очищать бензином; нужно при большом загрязнении обтереть керосином, и затем сухой чистой тряпкой; при незначительности загрязнения — просто тряпкой.

В том случае, когда турбина доставляется в разобранном виде нужно проверить счетом и осмотром все прибывшие части по сопровождающей их спецификации. Проверить по вышеуказанному все заглушки отверстий и внутренние открытые части.

4. Первоначальная установка. Турбины или агрегаты полностью в собранном виде обычно доставляются мощностью до 100 *kw*.

Эти агрегаты устанавливаются легко, будучи поданы к месту установки на катках или краном, причем в последнем случае не приходится опасаться за чрезмерное перекашивание на весу.

Эти машины устанавливаются на фундамент без особой тщательности выверки на нем, хотя проверка может производиться помощью клиньев.

При установке турбинных агрегатов средних мощностей, т.е. примерно от 150 до 1500 *kw*, необходимо равномерно поддерживать машинную раму из опасения прогиба ее от давления тяжелых опорных частей. Эти машины часто также доставляются в собранном виде, за исключением лишь отдельных небольших деталей.

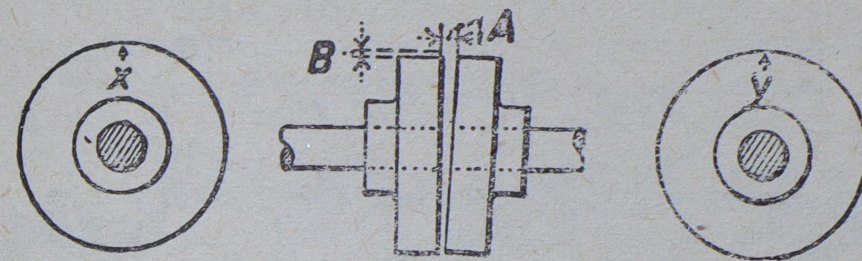
Подача к месту установки может быть произведена или при помощи катков или при помощи крана. В первом случае нужно наблюдать за тем, что полозья катков опирались на пол в нескольких точках; во втором случае, при захватывании крюком крана нужно тяжелые части поддерживать каждую в отдельности во избежание перекоса.

Агрегат средней мощности допускает установку двух валов в их муфте. Однако, в этом случае приходится принимать во внимание то обстоятельство, что после нагревания во время работы турбинного конца агрегата он подвергнется расширению и будет находиться на большей высоте, чем другой холодный конец. В силу этого обстоятельства, должен быть предусмотрен допуск на величину подъема конца турбины.

Самый способ установки линии двух валов в муфте по Т. Крофту состоит в следующем:

Нарушение правильности установки двух валов может сказаться тем, что, во-первых, их оси не будут лежать в одной плоскости, и; во-вто-

рых, их оси станут не параллельны. При муфте со штырями нужно вставить соединительный штырь без его втулки через обе половины муфты и оставить его в таком положении во время измерения. В течении всего процесса последующих измерений нужно наблюдать за тем, чтобы половины муфты были разведены настолько одна от другой, на сколько это позволяет упорный подшипник.



Фиг. 925.

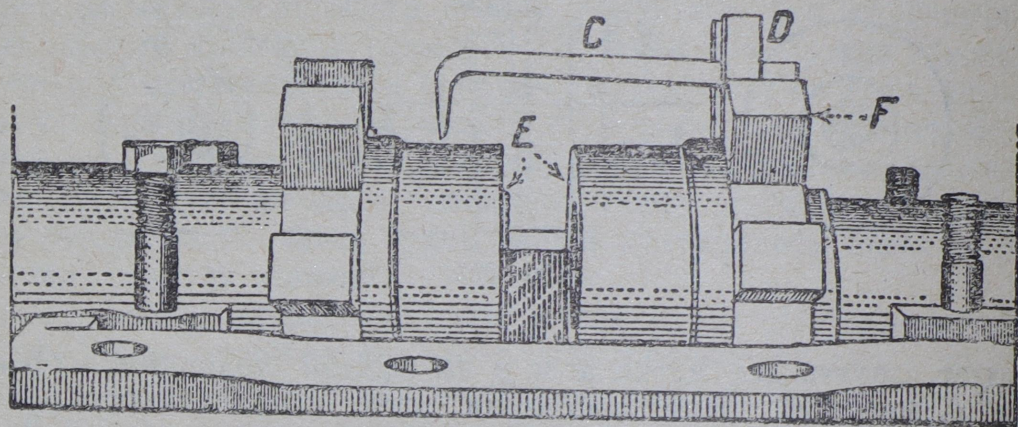
Следует сделать две метки *x* и *y* на каждой половине муфты, как показано на фиг. 925. При положении этих меток вверх (фиг. 925) нужно измерить расстояние *A* посредством шнура, а расстояние *B* — стальной линейкой и щупом, после чего записать полученные величины. Затем, повернуть половины метками в правую сторону и повторить вышеуказанные измерения; те же измерения сделать при положении меток вниз и с левой стороны. Оба вала можно считать параллельными в том случае, если все измерения расстояния *A* дадут один и тот же результат. Если все измерения расстояния *B* одинаковы, то это служит показателем нахождения осей валов на одной прямой. Когда оказалось бы, что оба эти условия не выполнены, необходимо произвести установку валов перемещением или постановкой прокладок у подшипников, пока линии валов не совпадут.

Стандартная таблица размеров, получаемых всякий раз при проверке установки осей двух валов.

Расстояние <i>A</i> в точках <i>x</i> и <i>y</i> при поворачивании валов вместе в различные положения		Расстояние <i>B</i> в точках <i>x</i> и <i>y</i> при поворачивании валов вместе в различные положения	
Положение	мм	Положение	мм
Верх	3,15	Верх	0,2
Правая сторона	3,15	Правая сторона	0,2
Низ	3,15	Низ	0,2
Левая сторона	3,15	Левая сторона	0,2

Оба вала (фиг. 925) должны быть поворачиваемы вместе во время измерений, чтобы точки x и y на каждой из муфт находились всегда друг против друга.

При установке кулачной муфты скоба C (фиг. 926) должна быть заземлена на одном из концов муфты, скажем в D . Расстояние между другим концом муфты и острием C измеряется щупом, как это было указано для измерения расстояния B на фиг. 925. Расстояние между обоими



Фиг. 926.

кулачными дисками, непосредственно друг против друга, измеряются тем же способом, как расстояние A на фиг. 925, но при помощи микрометра или нутрометра. При правильном положении линии валов оба эти расстояния должны быть одинаковы для любого положения, т.-е. находятся ли измеряемые точки вверху, внизу и с правой и левой сторон.

На фиг. 926 через E отмечены концы муфты; через F —зубец кулака.

Порядок работ при сборке крупных агрегатов.

При установке крупных турбин чрезвычайно важное значение имеет полнота разработки плана работ, иначе как темп работы, так и качество ее может не быть обеспечено в полной мере. Можно остановиться на следующей ориентировочной схеме.

По мере прибытия отдельных частей на место монтажа, нужно те части, которые потребуются в первую очередь, располагать на складе или у фундамента таким образом, чтобы их легко было подать без перегруппировки других частей; с другой стороны, части, требующиеся позднее, должны и храниться в соответствующем разряде.

Если силовая станция еще не готова и кран не установлен, транспортирование громоздких частей может создать известные трудности как в смысле разгрузки с железнодорожных платформ, так и в отношении транспорта к месту установки или на склад. Лучшим разрешением вопроса транспортирования является постройка крана таким образом, чтобы вылет его доходил до пределов подачи вагонов.

Отдаленность жел.-дорожной ветки, естественно, требует перегрузки клади на грузовики, лошадей или на катки, в зависимости от местных условий.

К моменту начала монтажа работы должны быть обеспечены заготовлением необходимых инструментов (при соответствующей масштабу работ инструментальной) и материалов; к последним относятся: стальные клинья и цемент, масло, керосин, сало, сурик, концы, пакля, ветошь и т. п.

Первой установочной операцией, если не считать собственно здания и фундаментов, является монтаж машинной рамы (фундаментной плиты). Если плита состоит из нескольких секций, то она должна быть собрана и болты затянуты до отказа, причем надежность затяжки достигается или путем применения нагрева болтов или ударами кувалдой по гаечному ключу. Установка плиты на фундаменте производится по рабочему чертежу так, чтобы оси плиты соответствовали данным чертежа. При этом необходимо проверить точность расположения и поперечное сечение всех отверстий в фундаменте для присоединения воздушных, охлаждающих, продувочных и др. трубопроводов.

Эта проверка иногда производится путем пробной сборки и соединения частей статора турбины или генератора, чем исключается всякая случайная оплошность, допущенная по недосмотру, могущая впоследствии принести очень крупные неприятности. Плановность и постоянный контроль исключают, например, такую несуряцицу, как передвижение многотонного конденсатора из-за неправильности в фундаменте, или пробивание отверстия в бетонном фундаменте в последнюю минуту. Нередко наблюдается чрезмерное натяжение фланцев при необходимости в данных условиях соединить трубы, в результате чего появляется вредное напряжение в материале и к тому же допускается неплотное соединение.

По окончании вышеуказанных работ, приступают к окончательной выверке рамы на фундаменте.

Когда рама выверена и в этом положении временно закреплена, помещают на нее опоры подшипников, части корпуса турбины и генератора и проч., что требует точной установки.

Концевые подшипники должны быть сначала тщательно установлены и закреплены в их постоянном положении.

Для провешивания линий валов следует применять рояльную проволоку, причем новую проволоку диаметром 0,20—0,25 мм предварительно нужно испытать на разрыв путем подвешивания к ней грузов известного веса и последующим натягиванием между двумя абсолютно жесткими опорами (тяжелыми брусками, частями машин и т. п.) и новым ее натяжением посредством подвешивания на одном конце груза, весом равного около $\frac{3}{4}$ разрывной нагрузки.

Центровка рассверленных поверхностей при помощи проволоки производится приемами, указанными в томе I. К этому добавим, что передвигать проволоку по всем направлениям на каждом конце следует до тех пор, пока она не будет находиться точно в центре, т.-е. пока она не будет точно представлять собой материализованную ось данных рас-

сверленных поверхностей, например, концевых подшипников или других частей, принимаемых в качестве отправных пунктов.

Расстояние от проволоки до поверхности может быть грубо измерено нутромером, после чего окончательно проверено микрометром для измерения отверстий или калибром с острьями (штикмасс). На практике обычно предпочитается последний способ. Для этого берут кусок дерева диаметром в 5—20 мм и длиной на 20 мм короче производимого среднего измерения и на каждом торце куска вставляют по булавке или иголке, так что измерение будет производиться между двумя оконечностями их. Длина этого калибра изменяется путем вдвигания в торец или вытаскивания булавок.

Положение проволоки относительно радиального расстояния ее до поверхностей должно быть отрегулировано таким образом, чтобы она было одно и то же с каждой стороны, а также сверху и внизу. При этом методе легко достигается точность измерения до 0,0125 мм.

Пригонка совпадения осей подшипников и других частей турбины и генератора производится по основной линии фиксированной туго натянутой проволокой, а также в соответствии с отверстиями для призонных болтов. Средний подшипник может оказаться ниже положения наружных подшипников на величину провиса проволоки, чем можно пренебречь при длине проволоки до 4—5 м. Приподнятие среднего подшипника производится помощью прокладок настолько, чтобы расстояние между фланцами муфты было равно сверху и внизу или на 0,05—0,15 мм больше в верхней части.

Проверку установки вращающихся частей можно произвести расцепив муфту.

Установку корпуса турбины производят обычно несколько ниже из соображений образующегося в работе теплового расширения его. Если на этот счет нет прямых указаний завода и затруднительно к нему за ними обратиться, можно прибегнуть к установке, как это представляется наиболее целесообразным, после чего проверить правильность после пуска в ход и в дальнейшем произвести необходимые исправления в условиях рабочей температуры. При прогибе вала величину прогиба нужно измерить и принять во внимание при проверке установки по валу.

Необходимо озаботиться надлежащей очисткой и подготовкой к монтажу частей, подлежащих установке в следующую очередь. Тщательная очистка обычно производится в период затвердевания заливки рамы, когда у рабочих оказывается достаточно свободного времени.

Всю грязь с пришабренных соединений, соприкасающихся поверхностей и т. п. нужно убрать. Случайно оставшийся в подшипнике вала, вращающегося с большой скоростью, песок может в несколько минут вызвать значительную аварию машины. Наличие грязи в пришабренных соединениях без постановки прокладок чрезвычайно затрудняет сделать их паронепроницаемыми; равным образом нельзя достигнуть точной установки валов, если прокладки и поверхности соприкасания не очищены в должной мере от наносов.

Не следует смотреть на чистку, как на работу второстепенного значения, и поручать ответственные части неопытному или невнимательному персоналу. Под чисткой нужно понимать не только мытье керосином и работу наждачным полотном, но и работу шабером, с помощью которого выравниваются покореженные поверхности (например, давлением болта, расширением и т. д.) и очищаются от грязи. О методах чистки и мытья подробно говорилось раньше в связи с указаниями монтажа других двигателей, откуда можно было заключить, что чистка требует опытных и надежных рабочих.

Все предназначенные и уже подготовленные к монтажу машинные части должны обязательно предохраняться покрытием их брезентом от осадения на них пыли и от случайного попадания на них или в них посторонних предметов, как гайки, болты, разные обломки, инструмент и т. п., причем особенной тщательности оберегания требуют проходы для пара.

В монтажных работах паротурбинных оборудований все работы проходят не легко, даже при условии весьма добросовестного проведения предварительной сборки на заводе.

Наиболее трудными частями считаются ротор и статор турбины, но и остальные части, как генератор, набивочные камеры, приводы к клапанам, трубопроводы, паровые коробки и т. п. нередко требуют большого напряжения терпения и умения.

Очень важным моментом в комплексе сборочных работ является опускание и маневрирование на весу различными тяжелыми частями, для чего необходимо иметь надежных руководителей для наблюдения и руководства и наряду с этим соответствующие подъемные средства.

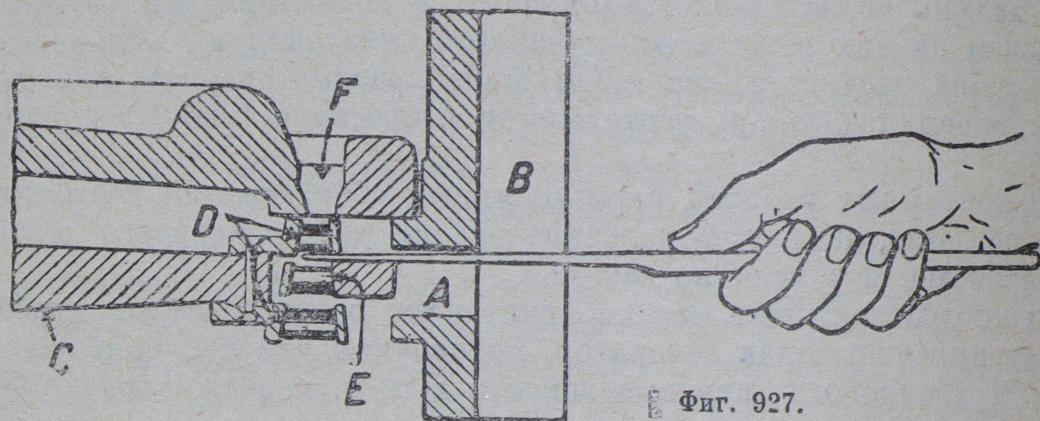
Конструкции длинных турбин обычно имеют закрепление болтами у основания только с одного конца, так как в результате теплового расширения длина турбины увеличивается. Некоторыми заводами в отношении многоступенчатых длинных турбин даются указания в том смысле, что болты, крепящие опору в конце части высокого давления, следует затягивать с некоторой свободой (не до отказа), чтобы этим позволять относительное движение опоры и фундамента в этом месте. Прикрепление корпуса турбины болтами к фундаменту производится приблизительно в центре паровыпускного патрубка и расширение от изменения температуры вызовет перемещение опоры относительно фундамента. На опоре и фундаменте должны быть сделаны метки для наблюдения за тем, происходит ли в действительности перемещение.

При установке статора турбины никаких прокладок между лапами статора и опорными подушками рамы не должно быть. Изоляционные прокладки иногда применяются под концевой подшипник генератора, но в этом случае он доставляется заводом вместе с турбиной, так как необходимость в прокладках выясняется заводом во время пробной сборки.

Концевой подшипник со стороны турбины устанавливается с особой точностью, так как червячная передача к регулятору может давать перебои в работе, если будет допущена в этом месте неправильность в установке осей.

Прежде чем приступить к установке охлаждающих змеевиков в масляных системах, нужно проверить их на отсутствие утечки под давлением воды еще до заполнения системы маслом, так как факт просачивания воды в масло вызовет образование эмульсии, а эта последняя создаст много эксплуатационных затруднений. Что касается самой масляной системы, то в случае надобности ее нужно очистить, заполнить маслом и также испытать на утечку.

Осевой зазор рабочих лопаток в некоторых случаях может быть проверен посредством клинообразного щупа (фиг. 927), для какового испытания в большинстве активных турбин устраивается в каждой ступени



Фиг. 927.

давления отверстие с пробкой А. На фиг. 927 изображены: В—корпус турбины; С—диск; D—подвижные лопатки; E—неподвижные лопатки; F—насадка.

Желая проверить зазор, отвинчивают пробку и заправляют конический щуп с каждой стороны направляющих лопаток, как это мы видим на фиг. 927. Величина зазора должна быть одинакова с обеих сторон направляющих лопаток. Наличие разницы устраняется соответствующей установкой упорного подшипника, как говорилось в гл. XII, причем, если величина зазоров окажется различной в двух или более ступенях, то установка производится по наибольшему из обнаруженных зазоров, т.-е., чтобы наименьший из обнаруженных зазоров в какой-нибудь ступени получился по возможности большим.

Если контрольное отверстие отсутствует, проверку осевого зазора можно произвести таким образом. Устанавливают ротор сначала в одно крайнее положение, а затем—в другое; вращая с осторожностью ротор и внимательно прислушиваясь к звукам от задевания, определяются на слух крайние положения, которые могут быть отмечены на валу.

Меры предосторожности при установке.

К мерам предосторожности при установке турбогенераторов нужно отнести прежде всего правильную подачу тяжелых частей краном. Затем, о чем уже говорилось, необходимо наблюдать за чистотой и соответствующим механическим состоянием отдельных частей, в особенности тех из

них, кои обтекаются паром. Само собою разумеется, что все соединения должны отвечать указаниям на этот счет рабочего чертежа.

В этом отношении большое значение имеют меры предосторожности при установке трубопроводов, в особенности в крупных и средних машинах, из коих отметим следующие.

Из приводившихся раньше чертежей с достаточной ясностью уясняется, что трубопроводы к турбине и от турбины к конденсатору должны быть возможно более короткими и с достаточно большим диаметром во избежание чрезмерного падения давления, причем никаких резких поворотов по возможности не должно быть. Прокладка трубопроводов должна исключать появление напряжений от расширения и по возможности с предохранением корпуса турбины от передачи на него веса труб.

Запорные или стопорные клапаны должны быть монтированы на отрезках от магистрали таким образом, чтобы вся труба не заполнялась водой от конденсации пара при остановке турбины.

При работе насыщенным паром установка водоотделителей (сепараторов) должна быть произведена непосредственно перед местом впуска пара в турбину. В условиях работы перегретым паром установки водоотделителя не требуется, если перегрев не теряется лучеиспусканием в трубопроводе и если приняты меры предосторожности для предупреждения проникновения сконденсированного пара в машину при пуске ее в ход.

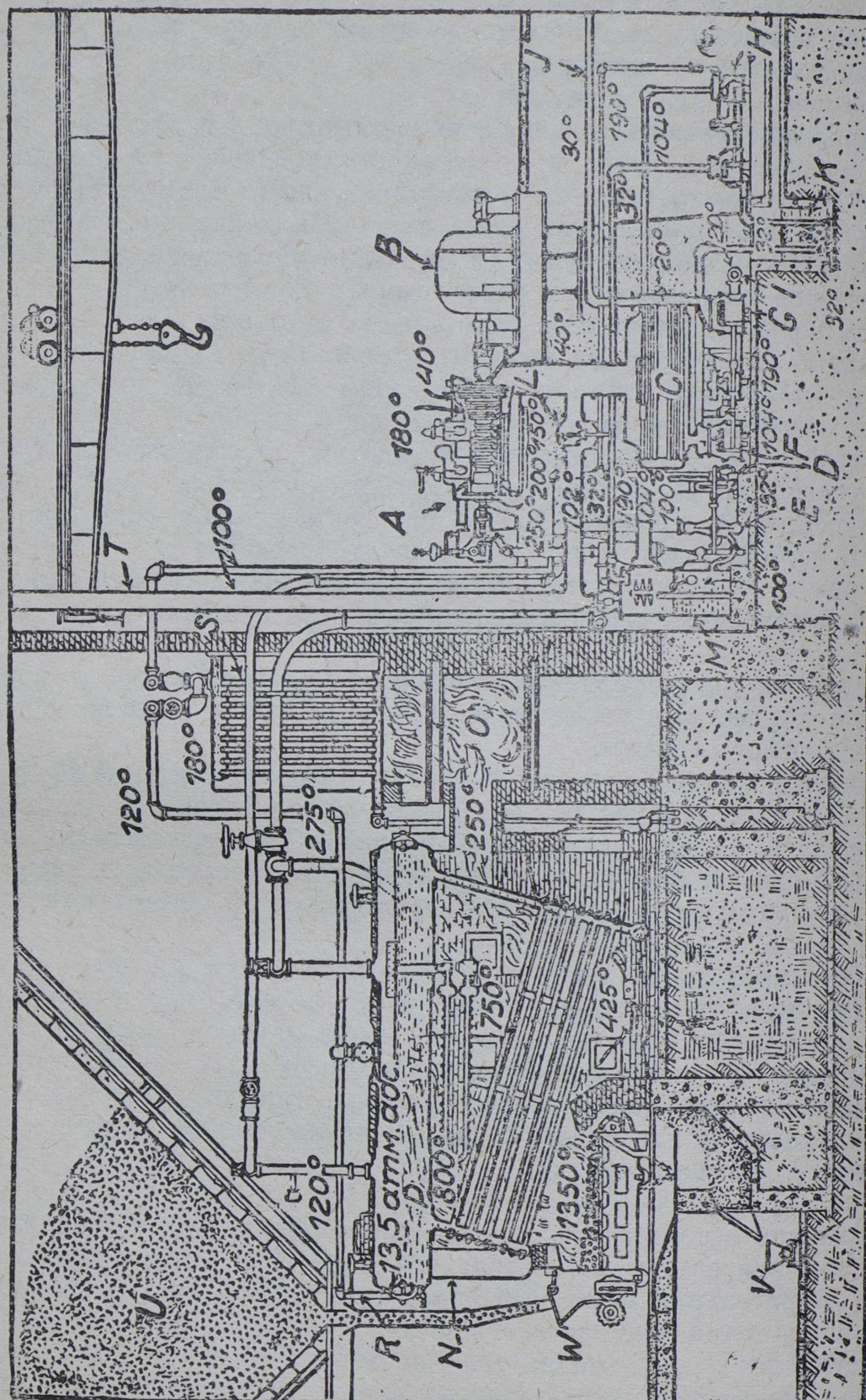
Прежде чем присоединить пароподводящий трубопровод к турбине, его следует хорошо продуть свежим паром для удаления попавшей грязи и образовавшейся окалины.

Если бы оказалось, что при турбинах высокого давления перед дроссельным клапаном не имеется предохранительных сеток, то их необходимо поставить. Сетки должны быть съемными для возможности чистки. В турбинах низкого давления, питающихся паром первичных машин, который предварительно пропускается через сепаратор, предохранительные сетки не всегда ставятся.

Система продувания турбины должна быть выполнена таким образом, чтобы отвод воды происходил из всех мест, где она может скапливаться, при чем вся система в конечном счете должна отводить конденсат в конденсатор, если он расположен не слишком высоко. В последнем случае должны быть предусмотрены конденсационные горшки, из которых вода отводится в бассейн для теплой воды. В начале каждой продувательной трубы должен иметься вентиль и закрываться после каждого удаления воды.

Соединения с конденсатором и другими частями, содержащими пар низкого давления, если нет холодильника с пружинными опорами, должны иметь расширительные приспособления, чем будет предупреждено появление напряжений в корпусе турбины.

Предохранительный клапан должен быть установлен на давление 0,15 ат по манометру. Нельзя иметь клапана с приводом от руки, который мог бы препятствовать выходу пара через предохранительный клапан. Вообще следует следить за исправным состоянием предохранитель-



Фиг. 928.

ных клапанов на турбине и соединительной трубе с конденсатором (атмосферного), иначе могут образоваться опасные напряжения в корпусе турбины, а в случае аварии конденсатора — может выйти из строя весь агрегат.

На фиг. 928 изображена схема современной паротурбинной установки большой мощности при высоком давлении пара.

Здесь *A*—главная турбина; *B*—генератор; *C*—поверхностный конденсатор; *D*—вспомогательная турбина без конденсации; *E*—питательный насос; *F*—конденсатный насос; *G*—циркуляционный насос; *H*—перекачивающий насос; *I*—всасывающая труба циркуляционного насоса; *J*—отливная труба циркуляционного насоса; *K*—резервуар теплой воды; *L*—атмосферный предохранительный клапан; *M*—открытый подогреватель питательной воды; *N*—паровой котел; *O*—боров; *P*—перегреватель; *R*—трубопровод питательной воды; *S*—экономайзер; *T*—паровая атмосферная труба; *U*—каменный уголь; *W*—стокер; *V*—спуск золы.

Окончательная установка турбины.

Окончательную установку турбинного агрегата предпочитают выполнять в условиях рабочей температуры. Дело в том, что сторона впуска пара турбины расширяется при нагревании, так что в случае окончательной установки частей в холодном состоянии, работа не будет протекать правильно, если не предусмотрено допуска на тепловое расширение. Паровпускная сторона агрегата при работе с конденсацией в холодном состоянии бывает обычно ниже противоположного конца на 0,4 мм на 1 м вертикального расстояния от точки опоры корпуса до горизонтальной оси машины, и на 0,08 мм ниже при работе на выхлоп.

Следует обратить большое внимание на состояние регулятора и его приводного механизма, и в случае необходимости нужно произвести предварительную установку его. При намечающейся параллельной работе собираемого генератора с другим уже установленным, регулятор должен быть установлен на ту же скорость, с какой работает другой генератор или их группа. В отношении величины колебания скорости и установки синхронизирующего механизма говорилось в гл. XIII. Во всяком случае величина колебания должна быть отмечена и при надобности произведена установка для получения синхронизма.

Инструкции.

Инструкции, даваемые фирмой General Electric Company для проверки установки турбины для одно- и трехступенчатых турбоальтернаторов, в общем состоят в следующем.

Приливы для проверки осевой установки в горизонтальной плоскости находятся на или вблизи средней горизонтальной плоскости агрегата. Один из приливов располагается на корпусе турбины, близко к наружному концу. Второй прилив помещается на соединительной части, рядом со статором. Третий прилив находится на

кронштейне наружного подшипника генератора. Два наружные прилива имеют отверстия с винтовой нарезкой для стоек, между которыми туго натягивается проволока. Струнная проволока в 0,4 мм с подвешенным на одном конце грузом в 14 кг перекидывается на этом конце через небольшой ролик, установленный между выступами, и натягивается вдоль агрегата. Горизонтальные расстояния от натянутой проволоки до приливов на соединительной части, корпусе колеса и кронштейне подшипника генератора указаны на этих приливах. Для проверки установки необходимо отложить расстояния до наружных приливов и сравнить наблюдаемое расстояние до среднего прилива с выбитыми на нем цифрами. Не надо делать никакой поправки на провисание проволоки, но установка должна проверяться в холодном состоянии.

Установка в вертикальной плоскости проверяется помощью той же самой проволоки, натягиваемой тем же самым путем поперек соответствующих приливов. Один прилив для этой установки находится на наружном конце корпуса турбины между двумя приливами, применяемыми при горизонтальной установке; второй прилив расположен на кронштейне концевой подшипника генератора. Один из двух приливов на соединительной части, применяемых при горизонтальной установке, служит третьим приливом при вертикальной.

Инструкция для работы конденсаторных установок с поверхностной конденсацией (ВКЭ).

Вал в местах его прохода через кожух насоса уплотняется сальниками. В качестве набивочного материала следует употреблять пропитанные маслом или салом хлопчатобумажные жгуты; сальники всегда должны несколько пропускать воду для предупреждения слишком сильного нажатия набивки и изнашивания вала. Так как некоторое проникание воды в подшипники является неизбежным, то осаждающаяся в масляных камерах подшипников вода ежедневно должна спускаться. Масляные камеры подшипников периодически—раз в месяц—должны очищаться и наполняться свежим маслом.

Для достижения высокого вакуума необходимо внимательно наблюдать за плотностью стыков конденсационных и всасывающих труб, а также мест уплотнения стыков у насосов. Пароотводная труба главной турбины или поршневой паровой машины для возможности беспрепятственного расширения иногда перед поступлением в конденсатор снабжается сальником с водяным затвором, причем необходимо наблюдать за тем, чтобы последний всегда содержал бы в себе воду.

Для того, чтобы конденсатор всегда оставался наполненным водой, и чтобы конденсационная установка могла бы быть скоро пущена в работу, во время перерывов работы необходимо держать запорные задвижки на всасывающих трубах для конденсационной и разбрызгиваемой (охлаждающей) воды закрытыми, так как всасывающие клапаны во всасывающих корзинах не всегда плотно запирают. Точно также устанавливаемая иногда в нагнетательной трубе конденсатного насоса запорная задвижка при

остановке конденсации должна быть закрыта для предупреждения обратного проникания некоторого количества воды в вакуумное пространство конденсатора.

Уровень воды у конденсатного насоса, вакуумметр на впуске разбрызгиваемой воды, термометры для измерения температуры охлаждающей воды, конденсата и подшипников, а также числа оборотов насосов должны проверяться каждый час. Температура подшипников может составлять 70—80° С. Если происходит понижение вакуума, то при главной турбине это служит признаком и проникания воздуха через сальники, и поэтому должен быть установлен впуск большего количества сальникового пара. Кроме того, необходимо проверить количество воды в баке разбрызгиваемой воды и правильность работы воздушного насоса.

При остановке конденсационной установки необходимо прежде всего закрыть регулируемую задвижку на впуске разбрызгиваемой воды и только тогда остановить вспомогательную турбину (фиг. 98 справа). Когда после пуска на пароотводном штуцере главной турбины достигнут желаемый вакуум, то вышеуказанная регулирующая задвижка должна быть торможена до тех пор, пока стрелка вакуум-метра не начнет двигаться обратно. Тогда она опять открывается на 1—2 оборота помощью ручного его маховичка.

Вспомогательная турбина при пуске в ход должна быть пущена в работу медленно, при чем необходимо строго следить за спуском воды из ее кожуха и из пароотводов путем открывания водоспускных кранов.

Рабочая инструкция для паровых турбин с непосредственно соединенными генераторами (турбо-динамо) ВКЭ.

Помимо приведенных при описании паровой турбины указаний относительно обслуживания паровых турбин, необходимо соблюдать в существенных чертах еще и нижеприведенные правила.

Общие правила.

Вспомогательный регулятор должен быть проверен при каждом пуске в ход, а при непрерывной работе—по меньшей мере раз в неделю. Динамомашинка должна чиститься по меньшей мере каждые 4 недели; если установлены воздушные фильтры, то чистка производится по мере необходимости, например каждые полгода. При этом кожухи динамо должны быть сняты, камерные обмотки и вентиляционные каналы индуктора, изоляция контактных колец и щеткодержателей должны быть очищены помощью специальных прилагаемых при динамо щеток и соответственно продукты. Пружины щеткодержателя должны быть подтянуты соответственно постепенному износу щеток. Шероховатые места на контактных кольцах должны быть удалены наждаком. Масляный резервуар с масляным ситом должен находиться в полном порядке; скопляющаяся вода должна спускаться ежедневно или даже чаще по мере необходимости.

Тахометр, т.-е. прибор для указания числа оборотов, должен смазываться только жидким костяным маслом, так как всякое другое масло делает прибор нечувствительным.

Автоматическое сопловое регулирование еженедельно по несколько раз должно быть перемещено вверх и вниз на полный ход, для предупреждения заедания клапанов, иногда долгое время не работающих.

Перед пуском в ход.

Прогревание паровой турбины в неподвижном состоянии, как это производится при поршневых паровых машинах, не производится, так как при этом могут образоваться опасные скопления воды в турбине. На предупреждение водяных ударов должно быть обращено весьма серьезное внимание. Необходимо осмотреть, имеется ли достаточно масла в масляном резервуаре. Конденсационный трубопровод к маслоохладителю пускают только по достижении температуры масла в подшипниках 45° . По снятии крышки со смотрового отверстия регулятора необходимо осмотреть, правильно ли зацеплен рычаг вспомогательного регулятора. Все водоспускные краны на турбине, паровом сите, водоотделителе, конденсационных горшках и т. п. необходимо несколько отвернуть. Запорные захлопки или двери на вентиляционных и отводных каналах динамо должны быть открыты.

При пуске в ход.

Вспомогательный масляный насос должен быть приведен в действие до пуска в ход турбины и должен работать до тех пор, пока из всех подшипников не потечет обратно сильный поток масла. Этот насос может быть остановлен лишь тогда, когда главный масляный насос доставляет достаточное количество масла.

Главный паровпускной клапан должен открываться весьма медленно до начала движения турбины. Затем клапан следует закрыть настолько, чтобы турбина при весьма малом числе оборотов прогревалась бы в течение 10 минут. В течение следующих затем 15 минут турбину приводят к полному нормальному ее числу оборотов. Впускной клапан должен постепенно вполне открываться, и затем он должен быть повернут обратно на пол-оборота его стержня. При пуске в ход необходимо наблюдать за тем, чтобы давление масла было достаточно для открывания всех клапанов распределительным механизмом, приводимым в движение напорным маслом.

Сальниковый пар пускается лишь тогда, когда турбина уже работает, а при пуске в ход в оба сальника пускается свежий пар. Приток последнего приостанавливается, как только манометр на части среднего давления показывает избыток давления, и из переднего сальника выступает достаточное количество пара. Задний сальник тогда получает свой пар от другого сальника.

При автоматическом регулировании сальников, сальниковый пар пускается автоматически; впрочем, это автоматическое приспособление должно часто контролироваться на правильную работу. Водоспускные краны на кожухе турбины, паровом сите и проч. должны быть закрыты приблизительно через полчаса после нагрузки турбины.

Контактные кольца динамомашин при каждом пуске в ход должны быть очищены помощью наждачного полотна.

В работе.

Впуск сальникового пара должен быть урегулирован таким образом, чтобы из сальников вытекал бы только очень легкий паровой туман. Масляный резервуар должен быть достаточно наполнен. Количество охлаждающей воды для охлаждения масла должно быть так урегулировано, чтобы масло поступало в подшипники при температуре 45° —до 50° C.

При отказе конденсации автоматический выпускной клапан включает турбину на выпуск в атмосферу. Тогда следует открыть вспомогательный выпуск и закрыть запорную задвижку к конденсатору.

Остановка.

Прежде всего динамомашина должна быть отъединена от собирательных шин (об обращении с динамомашинами существуют особые правила). Затем закрывают главный клапан, после чего останавливают конденсацию. Турбина в теплом еще состоянии должна быть начисто обтерта. Контактные кольца и щетки динамомашин, поскольку они сильно загрязнены маслом и пылью, при каждой остановке должны быть основательно вычищены пропитанной бензином тряпкой.

При продолжительной остановке необходимо открыть вентиляционный клапан на кожухе. Образующаяся при этом циркуляция воздуха в турбинном кожухе высушивает его и предупреждает оседание ржавчины от остающейся в нем сырости. Затем, помимо клапана, вспомогательного регулятора или быстро запирающего клапана, необходимо закрыть клапан на водоотделителе и непрерывно спускать воду из паропровода между клапанами для предупреждения поступления в турбину просочившегося пара и избежания ее ржавления.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

Смазка машин.

Действие смазочных веществ. — Смазочные вещества. — Номенклатура и спецификация русских смазочных масел. — Испытание смазочного материала. — Вторичное употребление смазочного масла. — Различные смазочные вещества. — Приборы для смазки. — Смазка рабочих цилиндров. — Улавливание и утилизация масла, отработавшего в паровых установках.

Действие смазочных веществ.

Требования, предъявляемые к минеральным смазочным маслам, можно охарактеризовать следующими положениями:

- 1) Масла должны обладать хорошей теплостойкостью при повышении температуры, т.-е. не должны легко воспламеняться.
 - 2) Масла не должны изменять своего состава при изменениях температуры.
 - 3) Масла не должны заключать в своем химическом составе элементов, окисляюще действующих на металл смазываемых поверхностей, дабы не вызывать на них ржавчины.
 - 4) Масла должны быть свободны от посторонних примесей (случайных и фильсифицирующих), в особенности твердых.
 - 5) Масла должны вполне удовлетворять принципу экономичности расходов.
 - 6) Масла должны способствовать возможно большему уменьшению коэффициента трения.
- Это последнее условие — самое важное, так как значительная часть мощности, развиваемой нашими двигателями, непроизводительно расходуется на преодоление сопротивлений (трение).

Поэтому мы считаем необходимым несколько остановиться на самом трении.

Если мы сообщим толчек какому-либо телу, которое может двигаться по горизонтальному пути, то оно должно было бы продолжать двигаться с сообщенной ему скоростью, если бы трение не уменьшало постепенно этой последней. Сопротивление воздуха мы здесь не принимаем во внимание.

Могут заметить, что мы не можем изготовить абсолютно гладкой поверхности, по которой двигалось бы тело, и что эта поверхность будет всегда представлять большие или меньшие отклонения от горизонтали и

это — причина замедления движения тела. Но это возражение оказывается отчасти неосновательным: если данная поверхность даже на минимальном протяжении имеет некоторое возвышение, то движущееся тело при своем падении с этого возвышения снова приобретает ту живую силу, которую она потеряла при подъеме; при этом можно допустить, что алгебраическая сумма всех углублений и возвышений равняется нулю. Такие идеальные условия имеют место, если шар или цилиндр катится по хорошо отполированной поверхности. Чтобы не усложнять наших рассуждений, мы не будем принимать во внимание явлений притяжения (сцепления), имеющих место при хорошо отполированных поверхностях.

Дело в том, что при подобном движении как поверхность, по которой движется тело, так и самое тело испытывает некоторые деформации, и они нагреваются.

Сообщенная телу энергия теряется, таким образом рассеиваясь в теплотой. Если каждая такая потеря энергии в отдельности непосредственно незаметна, то сумма всех этих потерь оказывается однако настолько значительной, что постепенно может ослабить действие импульса, сообщенного движущемуся телу. Если существование этого факта можно доказать уже при трении 2-го рода (катящихся тел), то при трении 1-го рода (при скольжении) оно поддается непосредственному наблюдению. В то время, как при трении 2-го рода и тело и поверхность, по которой оно движется, соприкасаются между собой лишь в одной точке или по одной линии, при трении 1-го рода это соприкосновение происходит по целым поверхностям.

Поэтому, если мы будем одно тело передвигать по другому, то легко видеть, что при этом будет иметь место не только деформация, но отделение мельчайших частиц (сглаживание), на что часто тратится довольно значительное количество энергии. Так, например, при движении железнодорожного поезда между рельсом и бандажем колеса имеет место трение 2-го рода. Но если поезд будет внезапно заторможен, и вращение колес остановлено, то при этом бандажи последних начнут скользить по рельсам. От рельсов и колес начинают отскакивать сильные искры: это ни что иное, как оторванные, отброшенные и горящие частички железа. Количество расходуемой при этом энергии настолько велико, что этот процесс в несколько секунд поглощает всю живую силу поезда. В подшипниках наших машин нам также приходится иметь дело с трением 1-го рода (при скольжении), так как не вся поверхность вала перемещается по поверхности вкладышей и получается действие, аналогичное тем, как если бы одну из двух параллельных плоскостей передвигать по другой, или если бы обе двигались в противоположном направлении, соприкасаясь друг с другом.

Если, теперь, между такими двумя поверхностями, движущимися по противоположным направлениям, ввести какую-либо вязкую, как бы прилипающую жидкость, то те частицы этой последней, которые находятся в сфере молекулярного притяжения движущихся поверхностей, начнут двигаться в том же направлении, что и самые поверхности. Частицы же, лежащие в середине жидкого слоя, напротив того, получают с обеих сто-

рон одинаковые величины, но направленные в противоположные стороны, толчков, под действием которых они и придут во вращательное движение (пара сил). Благодаря этому, трение при скольжении преобразуется в трение катящихся тел, при чем частицы жидкости здесь играют некоторым образом как бы роль шариков в подшипниках, работающих на шариках. Таким образом назначение смазки заключается в том, чтобы трение 1-го рода преобразовать в трение 2-го рода, и чем лучше она выполняет это при данных условиях, тем она, значит, более пригодна.

Но, само сабою разумеется, сами частицы смазывающего вещества оказывают некоторое сопротивление своему движению. Об этом свойстве их мы судим уже помощью осязания, так как мы различаем жидкие, густые и, наконец, тягучие смазочные вещества. Сопротивление, какое частицы жидкости оказывают при их перемещении, мы называем внутренним трением. Это последнее можно определить помощью физического опыта, заключающегося в том, что испытываемую жидкость прогоняют через узкую трубу, длина которой во много раз больше ее ширины, для того, чтобы путь, проходимый какой-либо частицей жидкости, по возможности приближался к прямой. Так, например, при трубке толщиной в 0,03 мм. длина ее должна быть по крайней мере в 70 раз больше ее диаметра, а при трубке в 0,3 мм почти в 200 раз. На этом принципе были устроены приборы для определения внутреннего трения жидкостей. Но все эти приборы оказались на практике не особенно пригодными, так как на них можно было удобно работать лишь с сравнительно не густыми веществами. Получаемые при пользовании этими приборами результаты не имеют большого значения для суждения о достоинствах смазки, так как внутри смазывающего слоя частицы смазки, как мы указали выше, находятся во вращательном движении, а между тем в вышеописанных приборах определяется сопротивление частиц жидкости при прямолинейном движении их.

Для того, чтобы иметь возможность сравнивать различные масла относительно их вязкости, условились принимать за основное сравнение скорость, с которой эти масла вытекают из узкой, но не капиллярной трубки.

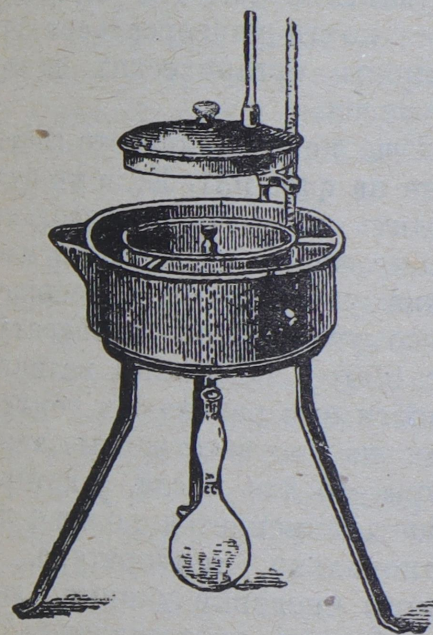
Построенные на этом принципе приборы необыкновенно удобны и просты. Они состоят обыкновенно из круглого жестяного сосуда, на дне которого в центре имеется трубочка диаметром в 2—3 мм, через которую испытываемое масло может стекать в подставленный под нее сосуд.

Для регулирования температуры, жестяный сосуд вставляют в другой такой же сосуд; промежуток между обоими этими сосудами наполняют водой той температуры, при которой желательнее производить опыт. Дают стечь определенному количеству масла в подставленный сосуд и определяют потребное для этого время; с другой стороны, предварительно определяют время, необходимое для истечения такого же количества воды. Разделив первое количество времени на второе, мы получим число, которое условились называть вязкостью. Но это число более или менее зависит от устройства прибора. Поэтому оно не представляет собою какой-

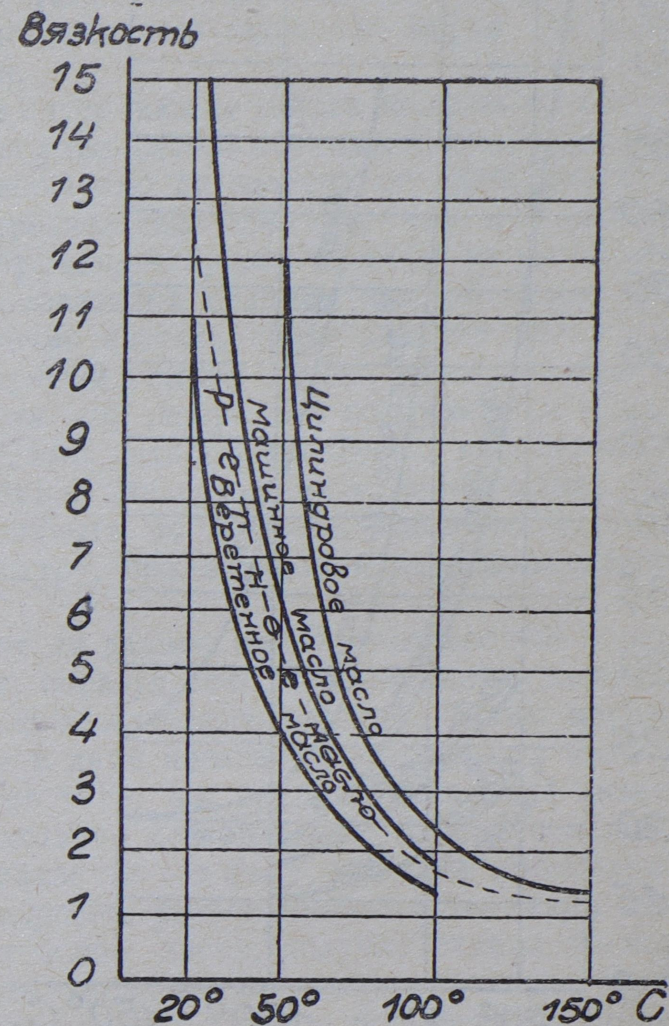
либо абсолютной постоянной величины, а следовательно и не имеет никакого особенного научного значения, но тем не менее вполне удовлетворяет требованиям практики.

В западной Европе и в СССР принят подобный аппарат, построенный Энглером (см. фиг. 929), и по нему полученные при его помощи результаты можно сравнивать.

Но самым важным результатом оказалось сделанное при помощи этого прибора наблюдение, что с изменением температуры вязкость различных масел изменяется неодинаково, а именно, она неодинаково быстро уменьшается при повышении температуры при маслах различного происхождения; так, прежде всего оказывается, что масла растительного и животного происхождения изменяют свою вязкость в гораздо меньшей степени, чем масла минеральные.



Фиг. 929.



Фиг. 930.

На фиг. 930 графически представлены результаты испытания различных масел в этом отношении.

Кривые указывают ход изменения вязкости при температурах, указанных в горизонтальной строке, для различных сортов масла, а именно для машинного, цилиндрического, и веретенного, как трех главных представителей самых употребительных минеральных масел, по сравнению с растительным репным маслом.

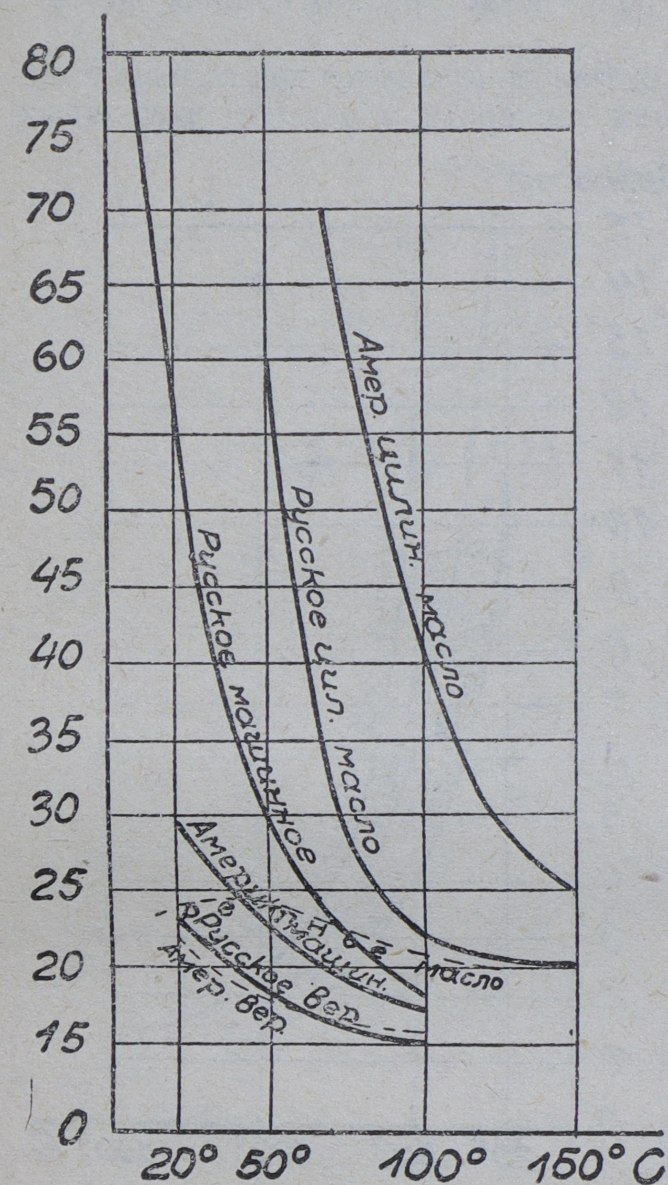
Из практики найдено, что масло для легких быстровращающихся валов при 20° С обладает вязкостью, выражаемой числом 10—13.

Для трансмиссий и нагруженных валов со средней скоростью вращения около 150 оборотов в минуту, самым подходящим будет такое масло, которое при 50°C обладает вязкостью в $4\frac{1}{2}$ —5, а для сильно нагруженных подшипников с медленно вращающимися валами лучше всего

брать масло с вязкостью в 5—7 при 50°C . Наконец, для цилиндров (паровых машин, двигателей внутреннего сгорания), в зависимости от давления пара, газов и вообще величины машины, вязкость смазочного масла должна составлять 1,5 до 2,3 при 100.

Если мы, теперь, рассмотрим кривую для репного масла, то увидим, что она почти при всех нормальных температурах пересекает ряд значений для вязкости, установленных опытным путем, как указано выше. Этим объясняется почти универсальная применимость органических смазочных масел.

Еще яснее видно это соотношение на фиг. 931. Если мы будем исходить из того произвольного предположения, что вязкость масла должна уменьшаться пропорционально увеличению температуры (фиг. 930) и помножим величины вязкости при различных температурах на соответственные температуры, то для масла, у которого вязкость изменяется точно пропорционально температуре, мы получим числовые данные, которые, будучи представлены графически, дадут вместо кривой — горизонтальную линию. Такое по-



Фиг. 931.

строение сделано на фиг. 931. Чем больше изменение вязкости будет отступать от этой пропорциональности, тем круче будут опускаться вниз кривые. В то время, как на фиг. 931 кривая для минеральных масел только для определенной разницы температур приближается к горизонтальной линии, на фиг. 931 кривая для репного масла для всех наблюдаемых температур направлена почти горизонтально.

Важным фактором для суждения о маслах является, далее, свойство их прилипания к смываемым поверхностям. Точных измерений этих величин не имеется.

При средних температурах прилипание масел к металлическим поверхностям оказывается значительно больше силы сцепления их частиц; при повышении же температуры это прилипание заметно уменьшается, особенно при минеральных маслах, доказательством чему может служить, например, тот факт, что у греющихся подшипников масло стекает в виде шарообразных капель. Это объясняется более легкой испаряемостью минеральных масел по сравнению с растительными. С другой стороны, способность прилипания масел зависит также от того, подвергаются ли смазываемые поверхности одновременно действию газов или паров как например, в цилиндрах паровых машин.

Требование, чтобы смазочные материалы не давали опасных в пожарном отношении паров, обуславливается лишь соображениями безопасности. Смазывающее действие веществ совершенно не зависит от более или менее легкой их воспламеняемости, предполагая, конечно, что при той температуре, при которой смазка применяется, она заметно не испаряется. Приборы для определения этих последних величин каждый может легко сам построить; для этого достаточно нагреть пробу данного масла в чашечке и попробовать помощью горячей спички зажечь образующиеся при этом пары или самое масло. Если мы, теперь, на погруженном в масло термометре прочтем температуру, при которой произошло воспламенение, то у нас имеется самое точное мерило для суждения о данном масле. Температуру, при которой воспламеняются пары масла, называют точкой воспламенения, а температуру, при которой горит самое масло — точкой горения.

Что касается того, разъедает ли данное масло смазываемые поверхности и легко ли оно окисляется, образуя при этом смолистое вещество, то это легко определить помощью химического анализа. Таким образом, определение пригодности смазки в двух последних отношениях является делом крайне простым. Напротив того, мы сравнительно мало знаем о том, как судить о пригодности масла по его вязкости. В этом отношении в высшей степени характерным является тот факт, что один иностранный промышленный союз на 300 вопросов, разосланных им техникам относительно применения различных родов масел, получил ответы, по которым нельзя было точно определить соотношения между вязкостью смазки и пригодностью ее для данной цели; вместе с тем в большинстве ответов указывалось на то, что всякая смазка при соответственных условиях сравнительно хорошо выполняет свое назначение.

Так как мы не можем прямо судить по химическим и физическим свойствам смазки о ее пригодности, то были придуманы особые приборы, в которых масло подвергалось практическим испытаниям и определялась его способность уменьшать трение.

Самые употребительные из такого рода приборов основаны на следующем принципе: на валу, приводимом в движение от машины, находится вращающийся подшипник, который, помощью пружины или грузов, может быть прижимал к валу с различной силой. С подвижными вкладышами подшипника соединен тяжелый маятник; если привести, теперь, вал во вращение, то качающийся подшипник тем сильнее отклонится от

вертикального положения, чем незначительнее влияет смазка на уменьшение силы трения. Такие приборы конструируются таким образом, что по углу отклонения маятника, числу оборотов вала и давлению на подшипник можно непосредственно определить коэффициент трения. В приборах другого типа измеряется повышение температуры подшипника, к которому подвели определенное количество масла.

Время, необходимое для повышения температуры на известную величину, является мерой доброкачественности масла. Для научных исследований приборы последнего типа непригодны и потому они распространены в ограниченных пределах.

Испытания помощью всех подобных приборов подтвердили то, что мы знали и раньше, а именно, что валы и подшипники, с большой окружной скоростью, но слабо нагруженные, можно смазывать жидким, менее вязким маслом, и что чем больше нагрузка подшипника, тем более вязкое масло надо брать для него. Хотя жидкие масла более уменьшают трение, чем густые, но тут присоединяется еще одно обстоятельство, а именно, что жидкое масло при большой нагрузке выдавливается из подшипников, так как сила прилипания его к металлическим поверхностям слишком незначительная; поэтому для того, чтобы подшипник всегда был смазан, пришлось бы расходовать слишком много масла. Вот почему для сбережения смазки в большинстве случаев предпочитают пользоваться вязкими маслами, хотя здесь легко можно перейти выгодные пределы, так как при вязких маслах на преодоление внутреннего трения тратится значительная часть мощности двигателя. Когда в свое время в продаже появились минеральные масла, известные под названием „жира Тавотт“, то, благодаря экономии, получающейся при употреблении этой смазки, очень многие производства перешли исключительно к этой последней. Но оказалось, что когда однажды производство на некоторое время остановилось, то паровая машина не в состоянии была снова привести в ход завод.

Поэтому в настоящее время держатся более правильного взгляда на пригодность этого, очень хорошего, впрочем, смазочного вещества и применяют его, преимущественно лишь в тех местах, которые не вполне доступны и потому не могут находиться под постоянным наблюдением.

Все эти приборы для испытания масел привели, впрочем, к одному очень важному выводу, а именно, что все те примеси и средства, которые должны искусственно увеличивать вязкость, в высшей степени уменьшают смазывающие свойства всякого масла.

Сюда относится, например, прибавка к маслам каучука или жирного глинозема. Помощью таких примесей можно масла так сгустить, что они тянутся в виде нитей. Это зависит от того, что все эти примеси лишь разбухают в масле, не растворяясь в нем. Поэтому при употреблении такой смазки все эти примеси снова выделяются в подшипнике и образуют там иловатые или смолистые отложения, так что вскоре подшипник начинает греться.

Вопрос о том, какие требования следует предъявлять к смазке, приобрел особенно важное значение лишь с введением минеральных сма-

зочных масел. Прежде, когда в употреблении были исключительно лишь масла животного и растительного происхождения, вопрос этот имел лишь второстепенное значение, так как все эти масла как относительно величины внутреннего трения, так и относительно их прилипания к металлическим поверхностям обладают прекрасными свойствами, которые изменяются в таких пределах, что эти масла оказываются пригодными почти для всех производств и действуют вполне надежно. Эти масла вместе с тем мало чувствительны к изменениям температуры и потому и теперь им отдавалось бы некоторое внимание, если бы их высокая цена не препятствовала их повсеместному распространению. Но в некоторых случаях без них и в настоящее время нельзя обойтись. Но органические жиры обладают одним недостатком, а именно: в сырых, горячих местах, как например, в паровых цилиндрах, они легко разлагаются под действием водяных паров высокого давления и разъедают металлические части. Вот почему минеральные масла в прошлом были прежде всего применены для смазки цилиндров паровых машин.

Но когда, благодаря увеличению расхода смазки, явилась потребность в новых и дешевых смазочных веществах, и американские нефтепромышленники стали впервые изготовлять пригодные для смазки минеральные жиры из нефтяных остатков, то явилась потребность в точном химическом и физическом исследовании всех этих веществ для отделения годного от негодного и прежде всего для установления известных нормальных требований, которым должны удовлетворять все те разнообразные продукты, которые получают из нефти-натурала. Вскоре после этого минеральные масла стала производить и Россия, а после нее—Галиция и Румыния.

Правильное и рациональное применение соответственной смазки является существеннейшим фактором для рационального ведения производства, так как в прямой зависимости от него находится больший или меньший расход топлива. Действительно, ведь в больших производствах и на железных дорогах большая часть работы двигателя тратится на преодоление сопротивлений трения, и потому нередко имеются примеры, что на производствах при замещении плохой смазки другой, более подходящей, получалась экономия в топливе, доходившая до 20%. Поэтому нет ничего удивительного, что государства, оценившие все значение в экономическом отношении правильного применения смазки, учредили на государственном счете особые учреждения для исследования смазочных веществ. Таким образцовым учреждением является, например, в Германии специальное отделение для испытания масел при Главной германской технической испытательной станции. Точно также и у нас в прошлом несколько известных профессоров Московского Высшего технического училища занимались исследованием минеральных продуктов; в настоящее время этими вопросами в СССР занимается Московский Теплотехнический институт, Нефтяной Институт и Теплотехнические съезды. Со своей стороны образцовые лаборатории бакинских и грозненских заводов своими трудами также не мало содействовали тому, что в настоящее время русские минеральные масла занимают одно из первых мест среди всех других.

В САСШ также имеются подобные испытательные станции, поддерживаемые как на частные, так и на государственные средства; эти станции приносят огромную пользу стране, которая благодаря своим минеральным богатствам особенно нуждается в рациональной обработке минеральных продуктов.

Смазочные вещества.

Назначение смазки, как мы уже указали, заключается в уменьшении трения (и его последствий) между двумя движущимися друг по другу поверхностями, между которыми она образует особый, скользкий и легко возобновляемый слой, препятствующий непосредственному соприкосновению данных поверхностей.

Для этого необходим хороший материал, который прежде всего должен быть и сам совершенно свободен от твердых посторонних примесей; затем он должен хорошо приставать к смазываемым поверхностям и не легко вытесняться под влиянием движения и давления; все эти свойства данного вещества не должны подвергаться никаким изменениям с течением времени и с переменной температуры; точно так же смазка не должна вредно действовать своим химическим составом на материал, из которого изготовлены машинные части, подвергаемые смазке.

Вода и водяной пар. В данном случае вода занимает второстепенное место, и употребление ее в качестве смазки ограничивается только отдельными случаями, где в силу особых свойств данного механизма, другая смазка скоро перестанет действовать, или где трудно удалить воду от поверхностей скольжения, как, например, у валов водяных колес и цапф, турбин некоторых старых конструкций. Правильно говоря, для такого смазочного вещества нужно взять и соответственный материал для изготовления данных частей машин, так как, например, трение железа по железу, а также чугуна по чугуну не только не уменьшается, но даже увеличивается при подводе воды для смазки.

Часто воду смешивают с другими жирными веществами, как, например, мылом из сала и поташа и т. п. для того чтобы повысить ее смазывающие свойства и делать безвредной для скользких поверхностей.

Действием водяного пара, как смазки, пользуются главным образом при цилиндрах паровых машин, и этим способом особенно интересовались в прошлое время; доходили даже в этом направлении до того, что считали совершенно бесцельной смазку паровых цилиндров.

И действительно, большие морские пароходы совершали полные рейсы по океану, не прибегая вовсе к смазыванию цилиндров паровых машин, при чем не было заметно особых повреждений в цилиндрах.

Во всяком случае легко прийти к заключению, что только очень небольшая часть цилиндрического масла вступает в действие, если по вынутии поршня у работавшей машины посмотреть, как мало масла попадает на поршневые кольца и стенки цилиндров.

В заключение следует упомянуть еще о применении воды, как средства для охлаждения, в тех случаях, когда, вследствие большой нагрузки, чи-

ла оборотов или по каким-либо другим причинам, некоторые вращающиеся или скользящие части машин начинают греться.

Масла и жиры. По источнику их добывания различаются растительные жиры, животные жиры и минеральные масла. Так как применение последних в качестве смазки возникло позднее всего, то единственными смазочными веществами до этого времени были: масло репное, деревянное, костяное, сало, жиры растительного или животного происхождения. Этим жирам присущ однако недостаток, который делает их в большинстве случаев непригодными для смазки. Таким недостатком следует считать их непостоянство при действии температуры, а также и их вредное влияние на материал соответствующих машинных частей; лишь только животные или растительные жиры подвергаются действию воздуха, они тотчас же, под влиянием кислорода, делаются сухими и густыми, чем почти совершенно уничтожаются их смазывающие свойства, а при некоторых обстоятельствах—трение даже увеличивается. Вследствие этого окисления выделяется особое едкое вещество, жирная кислота, к которой при растительных жирах присоединяются еще получающиеся при их изготовлении остатки серной кислоты, и эти два продукта сильно разъедают металл. Сырость, жар и высокое давление значительно ускоряют этот процесс разложения, и в таких случаях (особенно при паровых цилиндрах) вредное влияние этих жиров делается особенно заметным.

Минеральные масла. Минеральные масла не обнаруживают подобного рода изменений. В общем под минеральным маслом подразумевают почти чистый углеводный продукт, получаемый путем перегонки из сырой нефти, а также из обыкновенного или бурого каменного угля, торфа, озокерита (земляного воска) и т. д. В качестве смазочных масел имеются в продаже только те продукты, которые трудно сгораемы и имеют высокую температуру воспламенения. По своим смазывающим свойствам эти масла не уступают растительным и животным жирам, выгодно же отличаются от этих последних своей неизменяемостью как при самой высокой (около 300°), так и при самой низкой (-15°) температуре и при высоком давлении, а также более низкой ценой.

Цвет их бывает различный: от светло-желтого до темно-зеленого, даже черного. Температура вспышки их по Бренкену колеблется в пределах от 175° до 275° , удельный вес—между 0,885 и 0,950.

С изменением химического состава меняются и некоторые свойства минерального масла, и это показывает, что одно масло не может быть применимо для всех целей и что при выборке масла следует принимать во внимание не только его относительную доброкачественность, но и его пригодность для данной именно цели. Так, например, не будет годиться очень жидкое масло при тяжелых, сильно нагруженных подшипниках, или густое масло при легких шпинделях, или, наконец, подшипниковое масло для смазки паровых цилиндров.

Исходя из номенклатуры Нефтесиндиката, IV Всесоюзный теплотехнический съезд разработал и принял некоторые средние нормы при-

менения минеральных масел для двигателей внутреннего сгорания, которые мы и приводим.

Само собою разумеется, что не следует слепо придерживаться этих норм, а нужно в каждом отдельном случае принимать во внимание как условия работы машины в данном предприятии, так и ее состояние.

Номенклатуры и спецификации русских смазочных масел.

Номенклатура масел Нефтесиндиката

(для двигателей внутреннего сгорания) и турбин.

№№ по порядку	Наименование	Удельный вес при 15° С	Вспышка по Бренкену	Вязкость по Энглера	Нагровая проба	Коксуемость по Конраду-сону	Зольность	Застывание
		От—до	Не ниже °С	°Э	Не менее баллов	Не выше %	Не выше %	Не выше °С
1	Моторное Л .	0,890—0,905	180	Э 50 3,3—3,8	Без подкисл. 2	0,2	0,02	—10
2	Моторное М .	0,890—0,910	200	6,0—6,5	—	0,4	0,03	— 8
3	Моторное Т .	0,890—0,920	210	8,2—8,7	—	0,6	0,04	— 5
4	Автол Л . . .	0,890—0,920	220	Э 100 1,8—2,2	3	0,7	0,05	+ 5
5	Турбинное Л .	0,885—0,905	175	Э 50 2,9—3,2	С подкисл. 1	—	0,01	—15
6	Турбинное М .	0,890—0,910	180	4,0—4,5	1	—	0,01	—10
7	Машинное Т .	0,895—0,918	200	7,0—8,2	Без подкисл. 3	—	—	— 5

Примечание 1. Вспышка по Мартенс-Пенскому должна различаться от вспышки по Бренкену не более чем на 20° С против указанных минимальных температур.

Примечание 2. В маслах должны отсутствовать минеральные кислоты, механические примеси, в том числе и вода.

Примечание 3. Турбинные масла должны выдерживать пробу на деэмульгирование.

Масла для горизонтальных газовых двигателей.

Размеры и тип двигателя	Сорт масла
Внутренняя смазка:	
1. Малые двигатели	Моторное Л или Моторное М
2. Средние двигатели:	
а) До 80 л. с. в цилиндре, с неохлаждаемым поршнем	Моторное М
б) 80—150 л. с. в цилиндре, с неохлаждаемым поршнем	Моторное Т
в) При разработанных поршнях, или очень горячей рубашке	Моторное Т или Автол М
3. Крупные двигатели:	
а) Четырехтактные в 300—750 л. с. Только для сальников	Моторное М
б) Четырехтактные в 750—1 500 л. с.	Моторное Т или Автол М
в) Двухтактные всех мощностей . .	Моторное Т или Автол М
г) Только для газовых и воздушных насосов	Моторное М или Моторное Т
Наружная смазка:	
Малые двигатели	Моторное Л или Моторное М
Средние двигатели	Моторное М или Моторное Т
Крупные двигатели	Турбинное М или Моторное Т

Масла для вертикальных газовых двигателей.

Размеры и тип двигателя	Сорт масла
-------------------------	------------

1. Малые мощности.

До 50 л. с. для цилиндров и подшипников . . . Моторное М

2. Средние и большие мощности:

Свыше 50 л. с. в цилиндре:

- а) Только подшипники, картер отделен от цилиндров—при температуре масла выше . . 50° С при температуре масла ниже . . . 50° С
 б) Только цилиндры, механический лубрикатор.
 в) Для цилиндров и подшипников; поршень смазывается из картера

Моторное Т или Автол М
 Моторное М или Моторное Т
 Моторное М
 Моторное Т или Автол М

3. Для охлаждения поршней:

- а) Система охлаждения отделена от смазочной . Турбинное Л
 б) То же, но при течи соединений Турбинное М

Масла для нефтяных двигателей низкого сжатия, керосиновых и полудизелей.

Тип двигателя	Мощность в цилиндре л. с.	Сорт масла
1. Нефтяные и керосиновые низкого сжатия:		
а) Открытый тип, преимущественно горизонтальный	До 50	Моторное М
б) Закрытый тип, преимущественно вертикальный	Свыше 50	Моторное Т
Смазка разбрызгиванием	—	Моторное М или Моторное Т
Смазка под давлением	—	Моторное Т или Автол М
2. Полудизели вертикальные и горизонтальные	До 50	} Моторное Т Автол М
То же	Свыше 50	

Масла для дизелей.

Типы двигателя	Назначение масла	Система смазки	Мощность в цилиндре в л. с.	Сорт масла
Четырехтактные:				
а) Открытый тип	Цилиндры и подшипники	Самотеком и механическая	До 50	Моторное М
	Цилиндры и подшипники	Самотеком и механическая	Свыше 50	Моторное Т
б) Закрытый тип	Только подшипники (картер отделен от цилиндра)	Циркуляционная	Всех мощностей	Моторное Т
	Только цилиндры	Механическая	До 50	Моторное М
	" "	"	Свыше 50	Моторное Т
Двухтактные	Цилиндры и подшипники	Циркуляционная. Тронк смазывается разбрызгиванием	Всех мощностей	Моторное Т или Автол М
а) Открытый тип	Только цилиндры	Механическая	До 80	Моторное Т
	" "	"	Свыше 80	Автол М
	Только подшипники	Самотеком или механическая. Масло не циркулирует	Всех мощностей	Машинное Т
б) Закрытый тип	Цилиндры и подшипники	Циркуляционная. Тронк—разбрызгиванием	Всех мощностей	Моторное Т или Автол М

Охлаждение поршней: а) если система охлаждения отделена от системы смазки, нужно применять масло турбинное Л; б) то же, но при сильной течи соединений следует применять масло турбинное М и в крайних случаях—моторное Т; в) если комбинированная система смазки и охлаждения—следует применять моторное М или моторное Т.

Компрессор. Для всех компрессоров, в которых возможна самостоятельная смазка, следует применять моторное Т. Если самостоятельная смазка не предусмотрена, то общая смазка—в соответствии с приведенными выше указаниями. Не смазывать маслом машинным Т.

Продувочные насосы. То же, что и для компрессоров.

Для паровых машин можно принять следующие нормы, выведенные из номенклатуры масел Нефтесиндиката.

Номенклатура масел Нефтесиндиката

(для паровых машин).

Наименование масла	Удельный вес	Вспышка открытая не ниже	Вязкость Э 100°	Сумма твердого асфальта и зола не более
Валор „Л“ . .	0,895—0,910	265° С	3,5—4,5	0,3%
„ „М“ . .	0,900—0,915	300° С	4,5—5,7	0,4%
„ „Т“ . .	0,905—0,920	320° С	5,5—6,7	0,5%
„Т“ Экстра . .	0,905—0,920	330° С	6,0—7,0	0,5%
Вискозин 7 . .	0,920—0,930	300° С	7,0—8,0	0,5%
„ 10 . .	0,925—0,940	325° С	не ниже 9,5	0,6%

Цилиндровые масла должны удовлетворять следующим требованиям.

Цилиндровые масла для паровых машин, работающих насыщенным паром¹⁾.

Наименование масла	Вспышка открытая не ниже	Вязкость Э 100°	Содержание асфальта не более
Вискозин 3 . .	240° С	3,0—4,0	0,1%
„ 5 . .	240° С	5,0—6,0	0,15%
Валор „Л“ . .	280° С	4,0—5,0	0,15%
Нигрол „Л“ . .	240° С	5,0—7,0	0,3%

¹⁾ Отсутствие минеральных кислот и механических примесей.

Цилиндровые масла для паровых машин, работающих перегретым паром¹⁾.

Наименование масла	Вспышка открытая не ниже	Вязкость Э 100°	Содержание асфальта не более
Валор „Л“ . .	280° С	4,0—5,0	0,15%
„ „Т“ . .	320° С	5,5—6,5	0,20%
Вискозин 7 . .	300° С	7,0—8,0	0,20%

Что касается назначения отдельных сортов масла, то оно на основании существующей практики должно быть таким:

Масла для насыщенного пара.

1) Вискозин 3—для цилиндров машин, мощностью до 1 000 л. с., работающих при давлении пара до 12 ат.

2) Вискозин 5—для цилиндров машин всех мощностей, работающих при давлении пара до 15 ат.

Для разработанных цилиндров паровых машин.

3) Валор Л—для цилиндров машин всех мощностей, работающих при давлении пара до 15 ат.

4) Нигрол Л—для цилиндров машин, работающих при давлении до 8 ат.

Масла для перегретого пара.

1) Валор Л—для цилиндров машин, работающих с перегревом пара до 310° С.

2) Валор Т—для цилиндров машин, работающих с перегревом пара выше 310° С.

3) Вискозин 7—для разработанных цилиндров машин, работающих с перегревом пара до 310° С.

Машинные масла для подшипников паровых машин.

По спецификации Нефтесиндиката Машинное 2—наиболее употребительный сорт масла, применяемого для смазки подшипников машин, работающих со средней скоростью вращения.

Свойства этого масла:

Удельный вес—0,890—0,915;

Вспышка открытая не ниже 190°;

Вязкость по Энглеру при 50°—5, 5—6, 5;

Натровая проба не ниже балла 3;

Застывание не выше минус 8°С.

¹⁾ Отсутствие минеральных кислот и механических примесей.

Машинное Т — для подшипников и коренного вала машин с большой нагрузкой и нижесредней скоростью вращения.

Свойства этого масла:

Удельный вес—0,895—0,918;
Вспышка открытая не ниже 200°;
Вязкость по Энглеру при 50°—7,0—8,2;
Патровая проба не ниже балла 3;
Застывание не выше минус 5°С.

Предъявление особых требований в смысле очистки масел для подшипников паровых машин не представляет особой важности и существующие спецификации машинных масел Нефтесиндиката в достаточной мере характеризуют качество масла.

Для подшипников и всего движения машин речных и морских судов, работающих при смазке трущихся поверхностей маслом в смеси с водой имеются следующие масла:

1) Судовое Л, свойства которого:

Удельный вес—0,915—0,922;
Вспышка (открытая) не ниже 205°С;
Вязкость по Энглеру при 50°—8,0—8,5.

2) Судовое Т, свойства которого:

Вспышка (открытая) не ниже 215°С;
Вязкость по Энглеру при 50°—9,5—10,5.

Эти масла обычно компаундируются для лучшей способности их смешиваться с водой небольшим процентом растительного масла.

Вообще говоря, эти масла должны отвечать требованию хорошего эмульгирования при встряхивании их с водой.

Удельный вес этих масел большого значения не имеет и в сущности может исключаться из кондиций на поставку.

Смазка паровых турбин требует большого внимания, так как эти машины работают при очень высоких скоростях и выполняются с настолько малыми зазорами, что уже небольшой износ может иметь роковые последствия.

В прошлом ни одна сторона обслуживания паровых турбин не являлась более трудной и капризной, чем смазка. Еще в I издании настоящей книги говорилось о смазке турбин как о какой-то загадке и рекомендовалось для этой цели исключительно растительное (горчишное)

масло. С тех пор мы далеко ушли и в настоящее время выбор минеральных масел для смазки турбин уже не представляет затруднений, но степень ответственности осталась та же, несмотря на конструктивные изменения и улучшения.

В этой главе мы не будем касаться вопросов, предъявляемых к смазке в смысле обслуживания самых механизмов, о чем уже говорилось. Здесь мы отметим два основных требования, которые обязательны для обеспечения удовлетворительной смазки: 1) масло должно быть надлежащего и высокого качества (см. дальше) и 2) состояние масла должно поддерживаться чистым и неизменным в своем химическом и физическом составе.

Вследствие того, что расход масла для смазки турбинных подшипников очень низок по той причине, что масло не смешивается и не теряется вместе с паром или конденсатом, но, напротив, широко повторно используется в циркуляционной системе то экономия на качестве масла при таких благоприятных условиях—просто не разумна.

Турбинные масла должны обладать следующими свойствами:

1) Вязкость. Вязкость должна быть такова, чтобы масло не оказывало большого сопротивления разделению его на слои, т.-е. не вызывало бы большого трения, но, вместе с тем, вязкость должна быть достаточно велика для предупреждения разрыва слоя масла в подшипнике. Большая вязкость будет вызывать чрезмерное нагревание подшипника, и, следовательно, соответствующую потерю энергии.

2) Эмульсия. Эмульгирование должно быть минимальным, т.-е. при смешении с водой масло должно быстро отделяться от воды. Прием сравнительного испытания может служить взбалтывание в бутылке равных количеств двух сортов масла с водой и наблюдение за скоростью разделения их.

3) Вспышка. Температура вспышки по Бренкену не должна быть ниже 175°С. При более низкой температуре вспышки масло может подвергаться частичному испарению в турбинных подшипниках и постепенно приобретать более высокую вязкость.

4) Примеси. Масло не должно давать осадков, однако это свойство может быть вообще определено только после испытания масла в работе. Кроме того, оно не должно обладать склонностью к разъеданию металла. Практическим испытанием может служить такой прием: опускают чистую полированную пластинку из красной меди в масло, находящееся в ванне с кипящей водой, на пять часов; вынутая по истечении этого времени пластинка не должна обнаруживать признаков потемнения или уменьшения полировки.

Масла, образующие эмульсию и разъедающие металл, вызывают появление липкой грязи, которая забивает сетки, трубки охладителей и проходы для масла, тем самым нарушая смазку и охлаждение, что совершенно недопустимо с точки зрения обслуживания турбинных подшипников.

В тех случаях, когда турбины подвержены чрезмерным вибрациям или когда используется одно и то же масло в зубчатых передачах и подшипниках, рекомендуется употреблять более тяжелые сорта.

Турбинные масла Нефтесиндиката.

- 1) Турбинное Л, свойства которого должны быть следующие:

Удельный вес—0,885—0,905;

Вспышка по Бренкену не ниже 175°C;

Вязкость по Энглеру при 50°—2,9—3,2;

Натровая проба (с подкислением) не менее балла 1;

Застывание не выше минус 15°C.

- 2) Турбинное М, свойства которого должны быть следующие:

Удельный вес—0,890—0,910;

Вспышка по Бренкену не ниже 180°C;

Вязкость по Энглеру при 50°—4,0—4,5;

Натровая проба (с подкислением) не менее балла 1;

Застывание не выше минус 10°C.

Кроме того, турбинные масла должны выдерживать пробу на деэмульгирование (см. выше).

Плотные жиры (густая смазка) тоже минерального происхождения. Вследствие большого сцепления между частицами густой смазки эта последняя особенно пригодна для сильно нагруженных подшипников и поверхностей скольжения, где она не легко вытесняется существующим там давлением. Но и для средних и меньших подшипников часто употребляют этот жир, хотя в данном случае гораздо выгоднее брать соответственное минеральное масло, так как густая смазка поглощает сравнительно слишком много силы на преодоление сцепления между ее частицами.

Смазывание густыми жирами имеет свои выгоды: благодаря своей плотности, смазка во время работы не разбрызгивается и не разбрасывается, вместе с остановкой данных скользящих машинных частей прекращается мгновенно и подвод жира; между тем в большинстве случаев смазывания маслом—это последнее протекает непрерывно, если только не поставить особых задерживающих приспособлений. Вместе с тем при движущихся частях густая смазка лучше держится на месте, чем жидкая, благодаря чему весь процесс смазывания оказывается более чистым и приятным.

Так как трущиеся поверхности всегда воспринимают лишь столько густой смазки, сколько ее расходуется при работе, и так как эта смазка гораздо лучше держится в данных поверхностях, то расход смазки (а также и материалов для чистки) оказывается при густой смазке более экономным, чем при смазывании маслом.

В тех случаях, когда подшипники и другие механизмы, вследствие своей большой нагрузки или по другим причинам склонны греться, оказалось на практике весьма полезным смешивать масло или жир с сырым серным цветом или графитом, так как эти вещества, заполняя все мелкие неровности и поры данных поверхностей, сильно увеличивают

их гладкость, усиливают силу сцепления частиц смазки и значительно уменьшают трение.

Для сильно нагруженных подшипников трансмиссионных валов применяется масло не слишком жидкой консистенции с точкой воспламенения не ниже 170° C; или плотная смазка (густой жир).

Для мало нагруженных подшипников тех же валов—более жидкое.

Для тонких машинных частей, как, например, для веретен, ткацких машин и т. п.—очень жидкое, но жирное масло минерального происхождения.

Испытание смазочного материала.

Было бы весьма полезно найти метод, посредством которого простым, доступным для всякого практика способом, можно было бы определить доброкачественность и пригодность данной смазки. Но качество этой последней зависит от стольких химических и технических свойств, что и до настоящего времени действительно верную оценку смазки может дать только химик. С целью удовлетворения возникающей на практике потребности подвергать смазку испытанию специалистов, при высших технических учебных заведениях и Нефтяном Институте в Москве существуют особые испытательные лаборатории, которые за небольшую цену производят исследования масла или жира в любом отношении (самыми компетентными учреждениями такого рода в Германии являются Механико-техническая испытательная станция в Шарлоттенбурге и лаборатории высших технических учебных заведений).

Для приблизительного определения достоинства смазки имеется на практике несколько простых приемов:

1) Ставят несколько наклонно лист гладкой черной жести и заставляют падать на нее отдельные капли имеющихся проб масла. То масло, которое является самым жирным и остается дольше всего текучим, образует на железе самую длинную черту и будет самым пригодным.

2) Нужно смешать в равных частях испытуемое масло с дымящей азотной кислотой. Годные для употребления минеральные масла переходят к такой смеси спустя несколько часов почти в плотную, не текучую массу, между тем как с нечистым маслом этого не происходит.

3) По д-ру Видергольду, для испытания, содержит ли масло кислоту, к масляной пробе в стеклянном сосуде примешивают немного закиси меди. Спустя приблизительно 20 минут масло, содержащее кислоту, получает светло-зеленый цвет до синевато-зеленого, между тем как масло, не содержащее кислоты, остается без изменения. Вместо закиси меди можно брать медную окалину из медно-котельных мастерских.

Для практического испытания цилиндрических масел, особенно для цилиндров, работающих перегретым паром, и для двигателей внутреннего сгорания можно пользоваться следующим правилом.

Следует взять тщательно вычищенный чистой тряпкой латунный или медный лист и налить на него несколько капель исследуемого масла. Если спустя 5—6 дней масло окрасится в светло-зеленый цвет, то это

означает, что масло содержит в себе кислоты, быстро разрушающие цилиндры и поршни.

Однако, эти методы мало надежны и употребляются только в случае необходимости. При более или менее крупных партиях заказанного масла нужно требовать анализ от Нефтесиндиката, который производит на свой счет химическое испытание масла; кроме того, от каждой партии должна отбираться проба (в двух экземплярах) и при необходимости — сдаваться на исследование в специальную лабораторию (за счет покупателя). Второй экземпляр пробы оставляется для контроля. Для небольшого же производства лучшую гарантию доброкачества масла могут дать известные, заслуживающие доверия, марки Нефтесиндиката.

Вторичное употребление смазочного масла.

Под всеми смазываемыми частями машин ставят соответственные жестяные сосуды и т. п., в которых может собираться стекающее или разбрызгиваемое масло. Если это масло тщательно очистить соответственными приборами, то его можно без всякого опасения вторично употреблять для смазки, исключая очень ценных и быстро вращающихся машинных частей (подшипников динамомашин, электромоторов, рабочих цилиндров и т. д.).

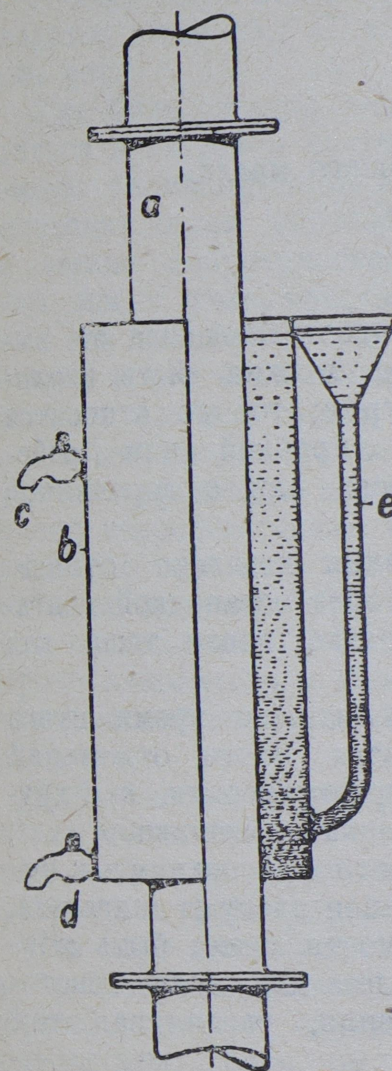
Приборы простейшего типа для очистки состоят в главных своих частях из сосудов, в которых масло проходит через ряд расположенных один под другим фильтрующих слоев (вата или хлопчатая бумага и т. д.) и, наконец, собирается в нижнем помещении в очищенном виде. Здесь следует иметь в виду, что такой простой фильтрацией можно удалить только механически примешанные посторонние тела, но нельзя устранить происшедших в масле химических изменений (например, вследствие окисления и т. п.).

Употребляющиеся иногда для последней цели очищающие средства (едкая известь и т. п.) могут при неправильном их употреблении еще усилить опасность, а не устранить ее; вот почему при ценных или трудно заменимых машинных частях лучше всего совершенно воздерживаться от утилизации бывшего уже в употреблении смазочного масла. Но при обыкновенных условиях смазка настолько тщательно очищается посредством хороших очистительных приборов с весьма удачной конструкцией, что это очищенное масло может с большой выгодой употребляться вторично для кривошипных механизмов двигателей, подшипников, трансмиссий, станков и т. п.

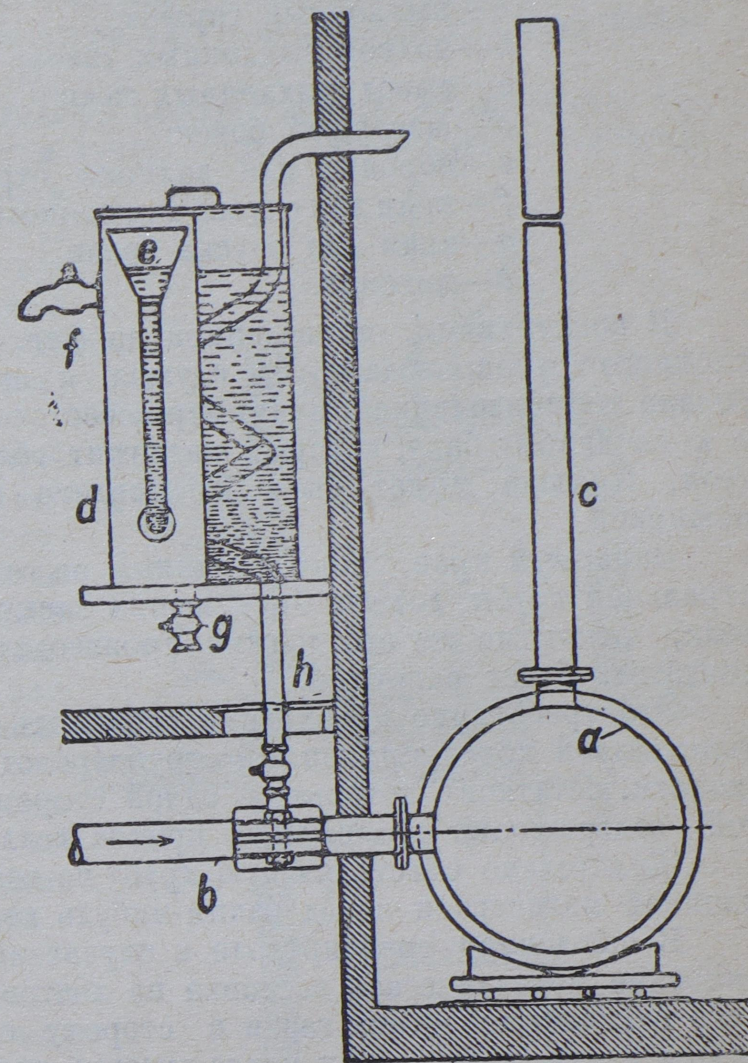
На современных конструкциях очистительных аппаратов нам придется подробнее остановиться, так как смазочные масла представляют собой весьма ценный и дорогой продукт, вследствие чего отказаться от повторного использования масла правильно поставленное хозяйство ни в коем случае не может.

На фиг. 932, 933 и 934 схематически представлены конструкции Schwarzhöck'a.

Очиститель, изображенный на фиг. 932, может быть приварен способом автогенной или электрической сварки к выхлопной трубе двигателя внутреннего сгорания или железной дымовой трубе паровой машины; при выводе дымовых газов прямо в кирпичный боров, аппарат может быть приспособлен где-нибудь около котла, кладки, машины и т. п. Используя



Фиг. 932.



Фиг. 933.

тепло отходящих газов, в любой установке имеется возможность осуществить такое приспособление.

- a — выхлопный трубопровод;
- b — масляный бачок;
- c — кран для спуска очищенного масла;
- d — кран для спуска грязи;
- e — воронка для заливки отработанного масла.

Совершенно не следует опасаться сильного нагрева масла, напротив, чем выше температура и чем продолжительнее будет масло ей подвер-

жено, тем совершеннее очистка. Масло должно быть возможно больше нагреваемо (в течение нескольких часов). Во время нагревания не следует нарушать получающуюся за счет термосифонного действия циркуляцию посредством какого бы то ни было охлаждения.

На фиг. 933—обозначения:

- a*—выхлопный горшок;
- b*—подвод выхлопных газов;
- c*—вывод выхлопных газов;
- d*—масляный бочек;
- e*—воронка для заливки отработавшего масла;
- f*—кран для спуска очищенного масла;
- g*—кран для спуска грязи;
- h*—змеевик.

В конструкции, приведенной на фиг. 933, ответвляющаяся от выхлопного трубопровода труба, идущая к змеевику, должна быть изолирована термоизоляцией, например асбестовым шнуром; то же относится и к масляному баку, который надлежит обложить пробкой или асбестом. Крышка может быть изготовлена из дерева или с деревянной обшивкой.

Запорный кран, монтированный на ответвлении недалеко от магистральной трубы, должен быть всегда запираем перед остановкой двигателя; открытие же его должно производиться только после того, как двигатель будет нагружен.

Это требование необходимо соблюдать потому, что во время пуска двигателя в ход в выхлопный трубопровод уносится много отложений (копоти, остатков), которые, с одной стороны, засоряют змеевик, а с другой—задерживают надлежащий приток тепла к стенкам змеевика.

Желательно ответвляющую трубу по возможности присоединять к выхлопной магистрали перед каким-нибудь коленом неподалеку от двигателя.

В выхлопном трубопроводе в случае необходимости может быть монтирована металлическая заслонка из листового железа для цели некоторого отклонения потока газов в сторону ответвления, увеличивая тем самым струю проходящих через змеевик газов.

Размеры змеевика следует принимать возможно большими, что будет способствовать меньшему сопротивлению при проходе через него отработавших газов.

Вывод газов в атмосферу от змеевика должен быть произведен кратчайшим путем и по возможности без резких поворотов острых углов.

Подобный очиститель может быть приспособлен, конечно, и при установке с паровой машиной. В этом случае ответвление делается от трубы, отводящей дымовые газы. Место ответвления выбирается неподалеку от котла.

На фиг. 934 представлен очиститель, нагреваемый глушителем двигателя внутреннего сгорания и заполняющим закрытую шахту горячим воздухом. Здесь:

- a*—выхлопный горшок;
- b*—подвод выхлопных газов;

- c*—вывод выхлопных газов;
- d*—масляный бачок;
- e*—воронка для заливки отработавшего масла;
- f*—кран для спуска очищенного масла;
- g*—кран для спуска грязи.

В виду того, что температура кипения и вспышки минеральных масел находится выше 150°C , то опасности сильного испарения или коксования масла нет.

Уже было сказано, что чем дольше использованное масло будет находиться в нагретом состоянии, тем лучше будет происходить очистка. Процесс термосифонной циркуляции происходит таким образом, что более легкие доброкачественные частицы масла увлекаются вверх, в то время как твердые и более тяжелые частицы, в том числе нагар и влага, оседают в нижней части.

Очищенное масло может быть спущено посредством крана или вычерпано непосредственно из очистителя, после чего оно, еще в горячем состоянии, должно быть пропущено через обыкновенный фильтр, дабы могущие находиться в нем более легкие всливающие загрязнения также отделились.

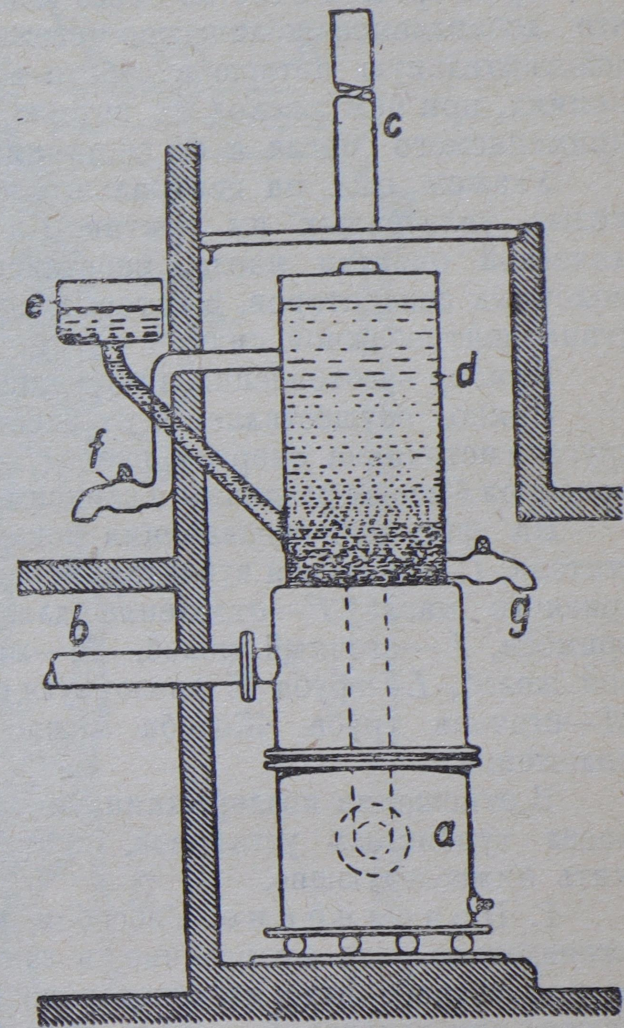
Добавлением к конструкции очистителя может быть устройство, которое позволит очищенному маслу перетекать в фильтр механически.

По мере заполнения нижней части вышеприведенных очистителей отбросами, следует спускать из них скопившуюся грязь при помощи спускных кранов (*d*—на фиг. 932, *g*—на фиг. 933 и 934).

Налив отработавшего масла в очиститель может производиться в любое время через воронку *e*, так как подвод масла намеренно предусмотрен настолько низко, что вновь поступающее количество не нарушает ни циркуляции, ни самый процесс очистки находящегося в очистителе масла.

По закону сохранения уровней жидкостей в сообщающихся сосудах, уровень масла в воронке *e* всегда показывает и уровень его в очистительном баке.

Описанные методы очистки в особенности хороши в отношении вязких сортов смазочных масел, которые могут быть надежно очищены только указанным путем.



Фиг. 934.

В том случае, если очистка масла производится двойным способом, т.е. сначала в очистителе, а затем в фильтре, то загрязненное масло можно смешивать со свежим и пользоваться полученной смесью даже для смазки цилиндров двигателей внутреннего сгорания и подшипников паровых турбин (об очистительных аппаратах для масел турбин см. дальше), при чем лучше всего производить смешение очищенного масла со свежим, пока первое еще не остыло.

В холодные времена года обычно производится подогрев масла. Поэтому следует не давать совершенно остывать очищенному или смешанному со свежим маслом.

При хорошей очистке смесь масла может составляться таким образом, что добавляемое количество свежего масла должно только покрывать действительную потерю в работе и некоторый отход на осадку в загрязнениях, при чем расход на потерю в работе зависит целиком от качества применяемого масла и от состояния машины.

Укажем еще на центральный отделитель масла от воды и более тяжелых увлеченных им частиц. На фиг. 935 приведен прибор для механической очистки масла, работающий по принципу хорошо известных молочных сепараторов, в которых используется для отделения частиц действие центробежной силы.

Прибор изготовления американской фирмы.

Привод осуществляется от электромотора или ремня от какого-либо другого источника энергии, расход которой весьма незначителен. Размеры приборов бывают различны в зависимости от потребной производительности.

На фиг. 935 обозначения показывают: *A*—двигатель, *B*—кожух очистителя, *C*—винтовая зубчатая передача, *D*—ремень, *E*—сетка, *E*—впуск грязного масла, *F*—отделение для чистого масла, *H*—вода и инородные примеси, *I*—сточный жолоб, *K*—жолоб для очищенного масла, *K*—сливной жолоб, *L*—труба в смазочную систему (двигателя, турбины и проч.), *M*—сточная труба. Жолоба можно легко повернуть в наиболее удобное положение.

В отношении поддержания чистоты и доброкачественности смазочных масел турбинных установок, практическими мероприятиями могут служить нижеследующие.

1. **Пополнение.** Способом пополнения системы свежим маслом еженедельно или ежемесячно, в зависимости от обстоятельств, и в количестве, которое было израсходовано на утечку и испарение, обычно пользуются при кольцевой системе, хотя иногда прибегают к нему и в циркуляционных системах. Добавлением свежего масла сохраняются качества смазывающего вещества.

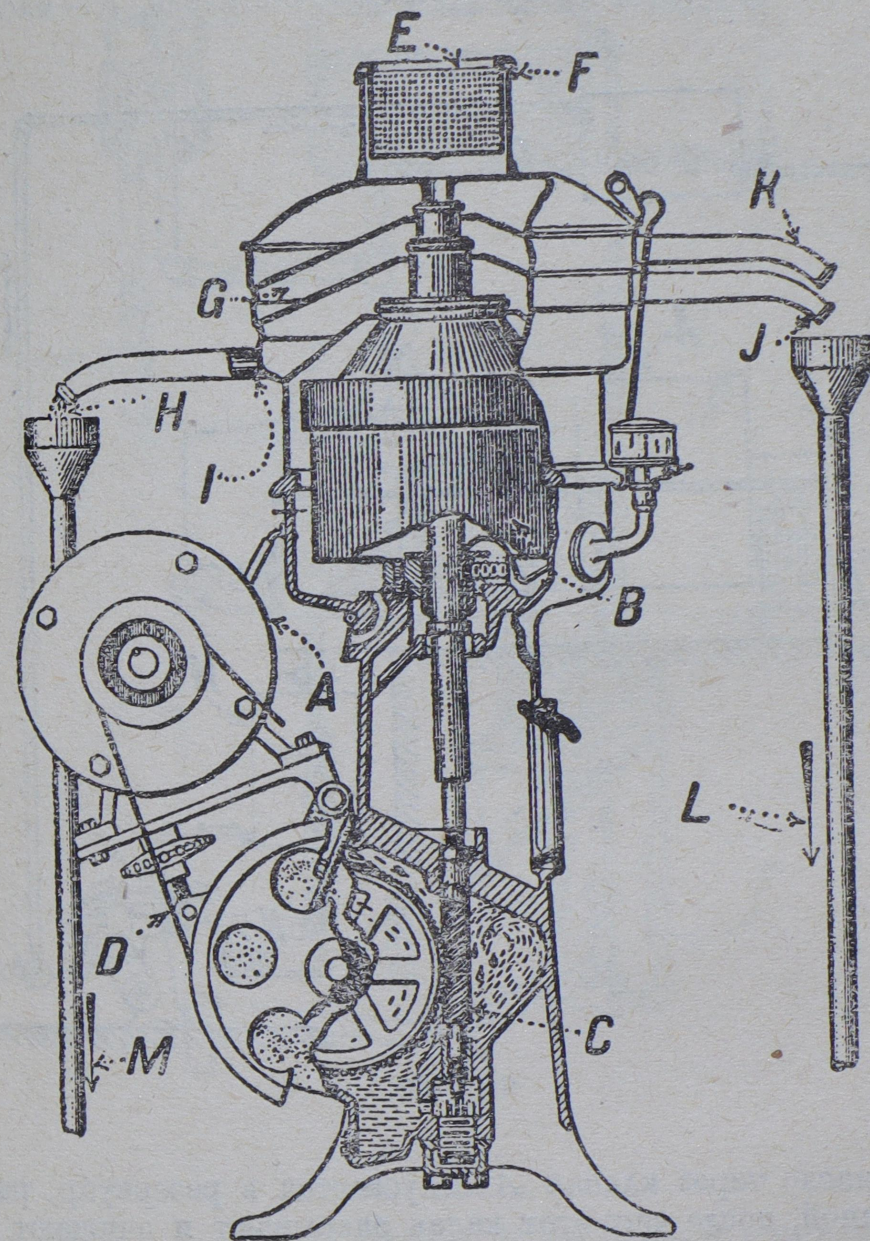
Полное удаление всего масла из системы должно производиться в этом случае каждые 3—6 месяцев с заменой свежим чистым маслом.

Удаленное масло может быть снова использовано в турбинных подшипниках после надлежащей фильтрации.

2. **Сдабривание.** Этот метод состоит в удалении из системы некоторой небольшой части масла (15—25 л) через правильные промежутки времени, каковая часть заменяется свежим чистым маслом. Промежутки

времени не должен превышать одной недели, равно как и количество удаляемого масла не должно быть чрезмерно малым, иначе масло постепенно растеряет свои смазочные качества и самый способ потеряет свое значение.

Удаленное масло фильтруется и затем снова пускается в систему.



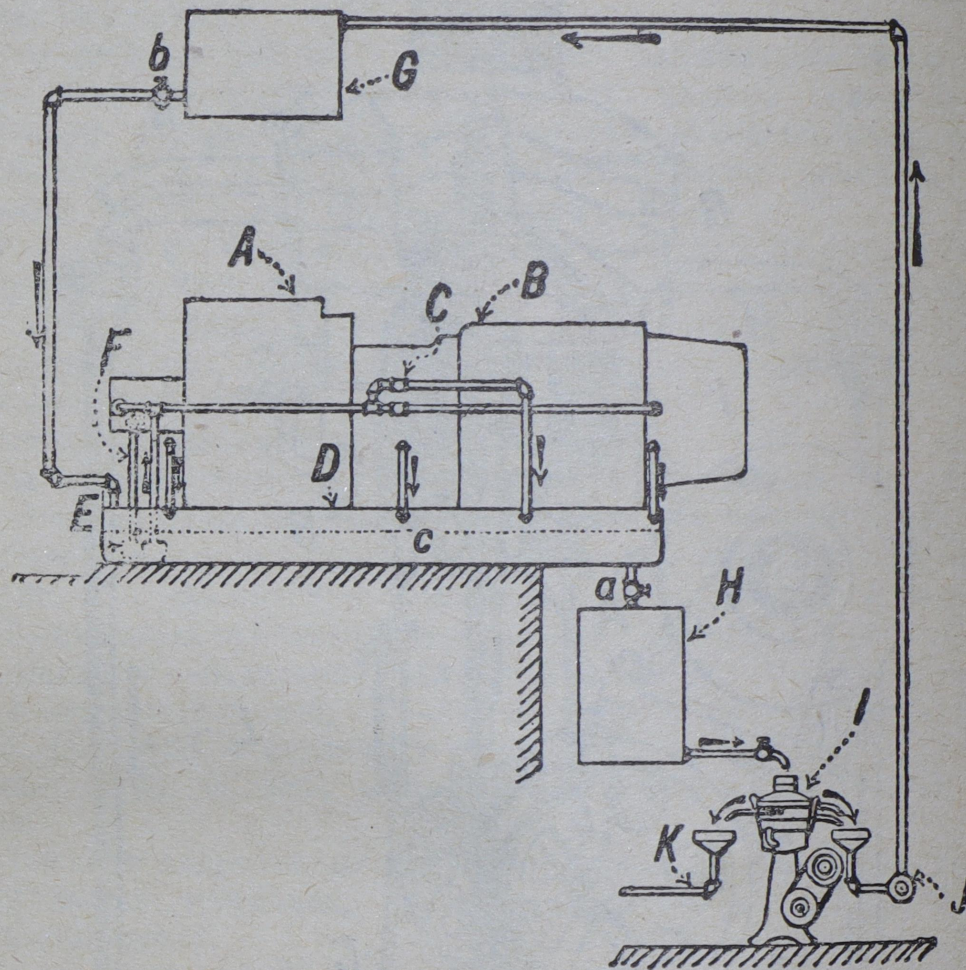
Фиг. 935.

3. **Полная смена.** Полная смена масла производится через правильные промежутки времени, которые, однако, не должны превышать одного месяца.

Метод дает вполне удовлетворительные результаты. Недостатком его можно считать необходимость остановки турбины на время замены масла.

Удаляемое масло фильтруется и применяется для той же цели в следующую смену.

На фиг. 936 представлена схема расположения аппаратов для очистки масла по способу полной смены. Здесь *A*—турбина, *B*—генератор, *C*—предохранительный клапан, *D*—масляный резервуар, *E*—масляный питающий насос, *F*—вал насоса, *G*—резервуар чистого масла, *H*—резервуар грязного масла, *I*—центробежный маслоочиститель, *K*—масляный насос, *L*—отбросы.



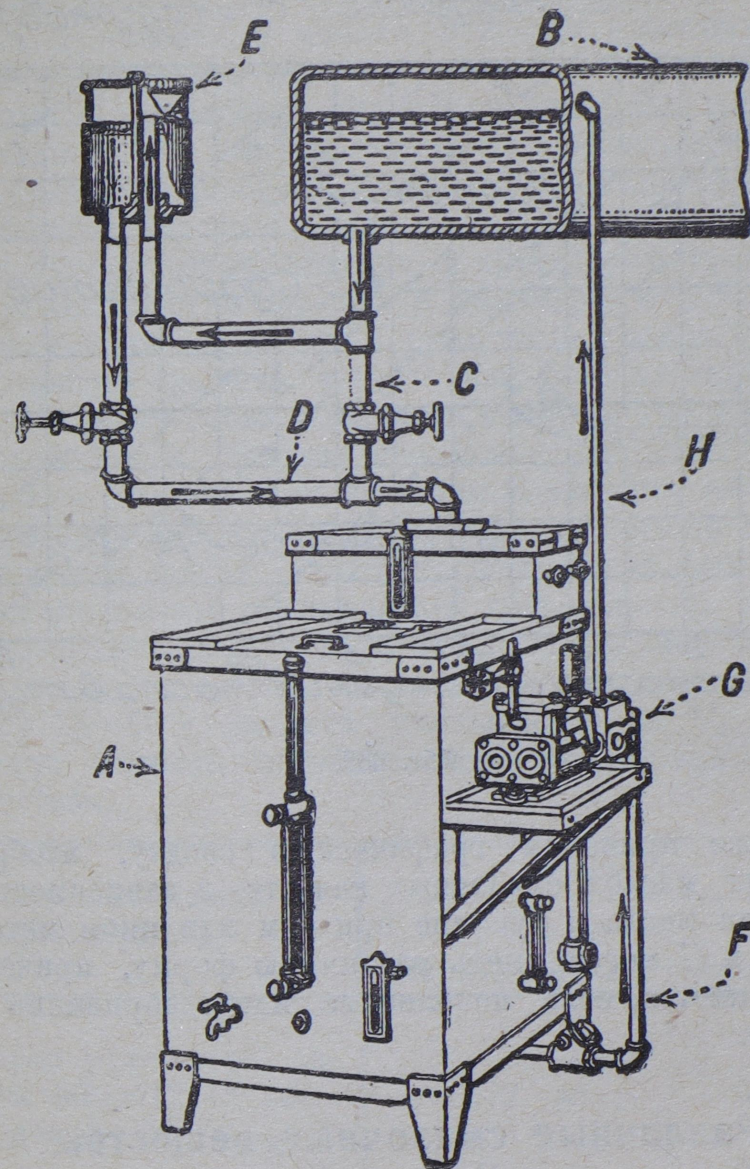
Фиг. 936.

Грязное масло через клапан *A* выпускается в резервуар, расположенный под турбиной, после чего этот клапан закрывают и очищают резервуар *C*, а затем открывают клапан *B* и заполняют резервуар чистым маслом из верхнего бака. Наконец, закрывают клапан *B* и турбина готова к действию. Грязное масло пропускается через очиститель и накачивается обратно в верхний резервуар.

4. Непрерывная частичная фильтрация. Метод частичной фильтрации состоит в постоянном пропускании через фильтр части масла в системе (10—20 % емкости масляного резервуара турбины), чем создается непрерывное снабжение.

Этот метод считается наилучшим для турбин, так как дает хорошие результаты сохранения качества смазочного вещества и не требует большого внимания при обслуживании.

На фиг. 937 показано расположение приборов в системе обработки масла непрерывной частичной фильтрацией. Обозначения

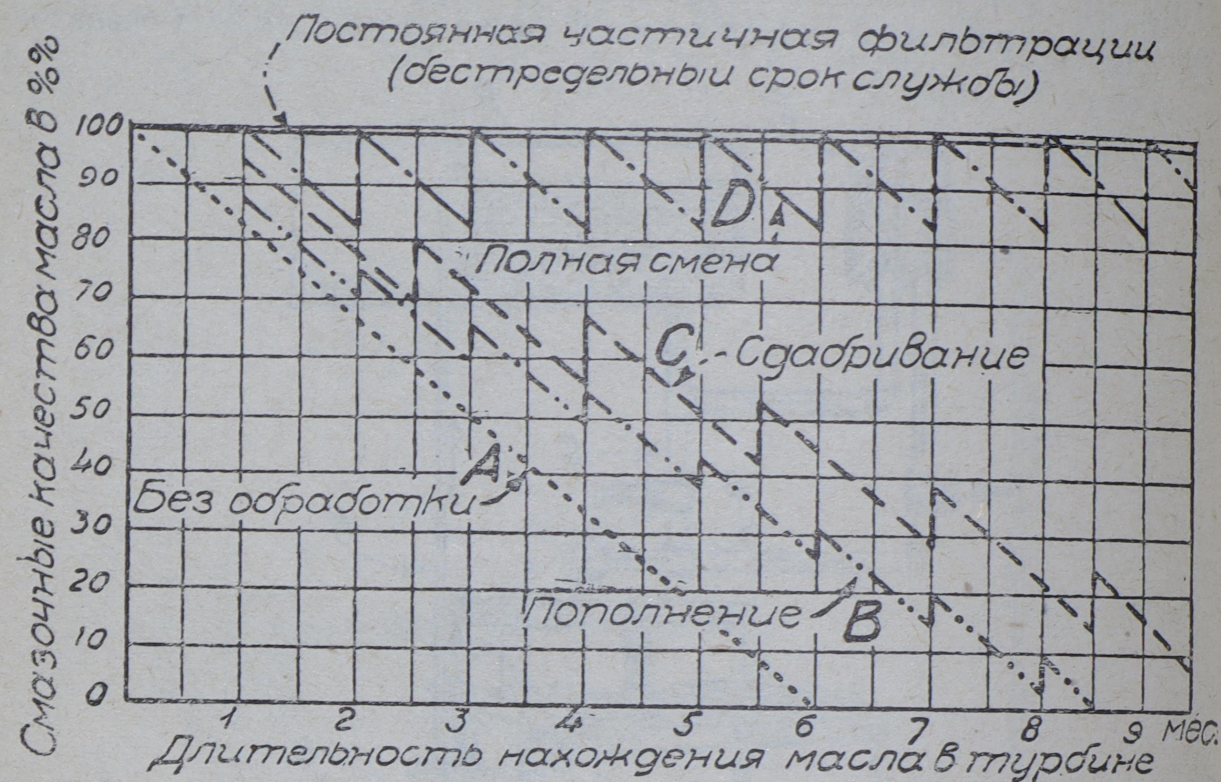


Фиг. 937.

ния показывают: *A*—масляный фильтр, *B*—масляный резервуар турбины, *C*—труба для выпуска масла из резервуара, *D*—направление грязного масла и фильтр, *E*—контрольная переливная труба, *F*—всасывание масла насосом из фильтра, *G*—паровой масляный насос, *H*—отливная труба масляного насоса для подачи фильтрованного масла в резервуар турбины.

5. Непрерывная фильтрация. Метод непрерывной фильтрации предполагает фильтрацию всего количества масла в системе каждый раз, когда оно перекачивается главным масляным насосом.

Подобная обработка в принципе считается идеальной, но практически крайне редко применяется, так как необходимое оборудование стоит дорого и требует много места.



Фиг. 938.

В заключение приводим графическую сводку, изображенную на фиг. 938, потери маслом смазочных качеств в зависимости от длительности нахождения масла в турбине при том или ином методе обработки его. Графики B и C могут иметь различную форму, причем наилучшие результаты получаются, если пополнение или сдабривание производится достаточно часто.

Различные смазочные вещества.

Кроме вышеуказанных, можно привести еще следующие средства, служащие для уменьшения трения и изнашивания двух совместно работающих машинных частей, колес и т. п.

Смазка для зубчатых колес: чугун по чугуну—1 часть графита, 4 части сала, разведенных в масле.

Дерево по чугуну: 1 часть графита, 2 части воску, $\frac{1}{2}$ до 1 части сала, или 2 части воску, 1 части сырого льняного масла, $\frac{1}{2}$ части графита, или 5 частей воску, 10 частей сала, 1 части жидкого мыла, 1 часть графита. При всех этих смесях графит должен быть чистый без примеси песку или земли.

Смазка перемешивается теплою и в нагретом состоянии наносится на данное место тонкими слоями при помощи кисти.

Графит, чистый углерод с температурой воспламенения около 3000° и удельным весом в 1,9—2,3. Графит, употребляемый в качестве смазочного материала, должен отличаться особенной чистотой. Примешивание графита к смазочным маслам и жирам практикуется давно; для смазки приводов, а также в некоторых случаях цилиндров и золотников, находит обширное применение чистый графит без всяких примесей или разведенный лишь водой. Высокая температура воспламенения делает этот материал особенно пригодным для смазки разработанных (испорченных) цилиндров и сальников паровых машин, и в особенности работающих перегретым паром; будучи применяем при компрессорах, графит является надежным средством против взрывов в цилиндре, которые нередко имеют место при смазывании маслом. Посредством равномерного подведения небольших количеств графита, чистого или разбавленного водой или маслом, можно постепенно снова выровнять испорченные поверхности цилиндров или подшипников, так как небольшие неровности с течением времени заполняются прочно прилегающим блестящим слоем графита. При обильном подведении графита можно быстро и успешно прекратить нагревание данных частей машин. Расход графита очень незначителен, так как он обладает значительной смазывающей способностью, прилегает хорошо к трущимся поверхностям и, будучи примешан к смазочным маслам, увеличивает их вязкость. Расход масла в паровых цилиндрах при прибавлении к нему 15—20% графита уменьшается до $\frac{1}{3}$. Подтверждением сказанного могут служить следующие данные, собранные одним горнозаводским обществом.

Величина паровых машин и род производства	Расход смазки	
	Прежде цилиндр. масло	Теперь цилиндр.масло-графит
1) Сдвоенная рудничная паровая машина: 500×12500 мм.	0,72 кг	0,25 кг 10 г
2) Паро-динамо 350×400 мм.	3,0 "	0,357 " 24 "
3) Сдвоенная машина для приведения вентилятора 400×640 мм.	2,5 "	1,3 " 40 "
4) Подземная подъемная машина, работающая сжатым воздухом 300×540 мм.	3,0 "	1,0 " 30 "
5) Машина для отделения угля 480×540 мм.	1,5 "	1,0 " 30 "

Примечание. При машине 1 для 12-часовой работы; при остальных для 24 часов.

Способ употребления графита. Графит для смазки сильно нагруженных подшипников применяется следующим образом; берут около 15% графита, тщательно перемешивают его с маслом или жиром и наполняют этой смесью масленку. Выгоднее всего применять самые усовершенствованные масленки для того, чтобы расход смазки можно было довести до возможно меньших пределов. Если подшипники слишком сильно подтянуты, то следует немного ослабить крышки, для того, чтобы графит мог покрыть всю поверхность шейки вала тонким слоем. Впрочем, сначала следует примешать к смазке возможно меньшее количество графита.

Графит для смазки легких валов и подшипников смешивается лишь с маслом и применяется в дело, как выше указано.

Графит для смазки паровых цилиндров может одинаково успешно применяться как в сухом виде так и разведенный водой или маслом. При этом можно пользоваться или насосом для накачивания масла, или обыкновенной масленкой, причем густая графитная масса вводится в эти приборы, откуда она небольшими количествами подается к паровому цилиндру. Если почему-либо нежелательно отказаться от обыкновенного способа смазывания данных частей маслом или салом, то следует лишь по вышеописанному способу прибавить к данной смазке 15% графита.

Греющиеся подшипники, например, у паровых валов, паровозных и вагонных осей быстро охлаждаются, если смешать графит в виде густой массы с маслом или салом, ослабить немного крышку подшипника, и подвести по каналам для смазки эту массу к трущимся поверхностям. Эти последние становятся вскоре очень гладкими и, благодаря большей теплопроводной способности этой смазки по сравнению с маслом, подшипники быстро охлаждаются.

Указав главные способы испытания смазочных материалов, мы должны заметить, что умение определять качество смазки имеет особенно важное значение в двигателях внутреннего сгорания и в паровых турбинах, так как правильность и безопасность действия этих машин в значительной степени зависит от хорошей смазки, но для достижения последней, независимо от качеств смазочного материала, требуется еще рациональное устройство смазочных приборов и аппаратов.

Приборы для смазки.

Назначение этих приборов заключается в целесообразном и рациональном подводе и распределении смазки между трущимися поверхностями движущихся частей машин. Вследствие скольжения и давления на трущихся поверхностях смазка частью расходуется, частью вытесняется, и таким образом является необходимость постоянно пополнять ее потерю. Прежде, а при второстепенных механизмах отчасти и теперь еще, это делалось от руки рабочим. Но при этом всегда и непроизводительно терялось много масла, так как невозможно подводить к скользящим поверхностям смазку в столь малых количествах, в каких она расходуется при работе, или оно подводилось только через большие промежутки времени, так что

смазывание являлось несовершенным. Вполне надежная и экономная смазка достигается только при посредстве особых питающих систем, приборов, смазочных коробок, масленок и т. п., которые носят общее название аппаратов для смазывания.

Таких аппаратов в настоящее время насчитывают тысячи, и число их постоянно увеличивается все новыми конструкциями.

К сожалению, у многих аппаратов стараются увеличить их пригодность к употреблению за счет их простоты, доступности для осмотра и дешевой цены. Общие требования, которые следует предъявлять к хорошему смазочному прибору, следующие: по возможности простой, удобной для осмотра, долго и надежно действующий механизм; пригодность его для всех сортов масла, а также и для твердой смазки, легкий контроль содержания; надежный, соответствующий данной потребности, подвод смазки; плотное закрывание, препятствующее прониканию в него пыли и т. п., и, наконец, приемлемая цена.

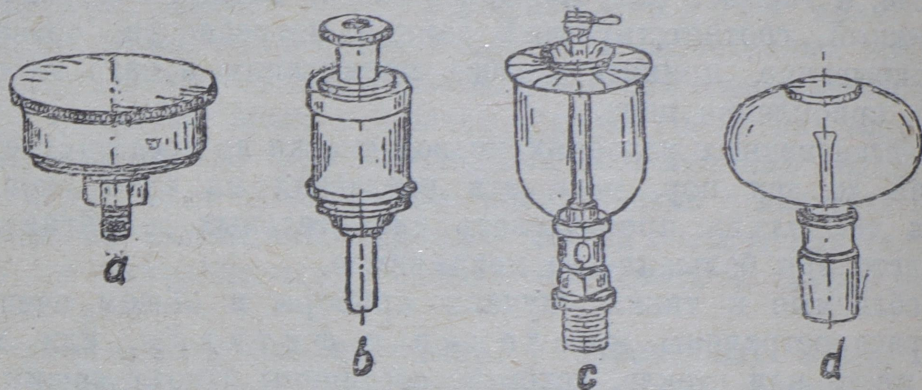
При обыкновенных условиях подвод смазки не представляет никаких затруднений до тех пор, пока эта последняя на пути своем к месту назначения не должна преодолевать значительных сопротивлений, что и имеет место при большинстве механизмов.

Употребляемые в таких случаях приборы в общем очень просты. Особенно распространены масленки с фитилем, или небольшие сосуды из жести или стекла, которые соединены с подлежащим смазыванию местом посредством нескольких шерстяных ниток (фитиля, дохты). Фитили, вследствие волосности, всасывают масло, и подводят его в соответственных количествах к трущимся поверхностям. При правильном пользовании и хорошем уходе, приборы эти работают очень экономно и встречаются на практике очень часто, несмотря на то, что это—самые старые и самые примитивные приборы для смазывания (особенно важное значение имеет применение масленок с фитилями для букс паровозов и железнодорожных вагонов). Приток смазки можно регулировать связыванием или уменьшением числа ниток фитиля. Эти масленки дают смазку и во время спокойного состояния механизма, если только фитиль не вынут из трубочки. Так как фитили с течением времени замасливаются и загрязняются то, конечно, их нужно время от времени заменять новыми.

Вышеописанным приборам не уступают в простоте масленки с иглой (фиг. 939 б). Последние в простейшей своей форме представляют собою опрокинутую бутылочку, через пробку которой свободно проходит игла 2—4 мм толщиной, которая по всей длине на одной стороне сделана плоской. Масленка укрепляется при помощи своей деревянной пробки в отверстии крышки подшипника, причем игла нижним своим концом ложится на цапфу. Когда эта последняя приходит во вращение, верхняя поверхность ее начинает всасывать из масленки масло которое и переходит в подшипник по гладкой стороне иглы. Вследствие незначительных колебаний подшипника, приток масла несколько увеличивается; в зависимости от того, больше или меньше спилена одна сторона иглы, можно подогнать количество подводимого масла к размеру подшипника. Масленка, если она правильно урегулирована, работает эко-

номно; когда цапфа не вращается, подвод смазки прекращается. Уровень смазки легко видеть. Для скользящего движения эти масленки мало годны. Чтобы избежать при больших масленках образования бороздок на поверхности цапфы от постоянного скольжения по ней иглы, эта последняя делается из меди или бронзы.

На идеи описанных выше автоматических масленок основаны и многочисленные новейшие масленки, в которых, однако, введены существенные изменения и улучшения. Вместо деревянных пробок у лучших капельных масленок ставятся медные или никелевые. Наполнение производится сверху, так что нет надобности в вынимании масленок с их места.



Фиг. 939.

Регулирование притока масла производится посредством краника и т. п. Для того, чтобы точно установить количество подводимой смазки, в некоторых конструкциях присоединяют к прибору капельную склянку, т. е. маленькую стеклянную трубочку, которая заставляет входить масло отдельными каплями (фиг. 939 d и 945), или медные трубки.

Приборы для густых жиров так же разнообразны, как и масленки для жидкого масла. Самые распространенные из них и известные ныне в каждом производстве — это смазочные коробки Штауффера (фиг. 939 c) и Товота (фиг. 939 a). В первом приборе смазка подводится к требуемому месту посредством регулярного подвинчивания снабженной нарезкой крышки, во втором — посредством нагруженного свинцом и т. п. нагнетательного поршня. Легкость применения (в стоячем, лежащем и висячем положении, в чистых и пыльных помещениях и т. п.), простота конструкции и дешевизна, а также величайшая экономичность в подведении смазки — все эти свойства доставили этим приборам самую сильную, вполне заслуженную популярность и повсеместное распространение.

В масленке Штауффера можно снабженную нарезкой цапфу дна коробки ввинчивать непосредственно в крышку подшипника; удобнее все-таки между крышкой и вкладышем помещать небольшую соединительную трубочку, к которой и привинчивать масленку.

В этих масленках, а также и в масленке Товота заставляют выкидную трубочку входить на несколько мм в тело вкладыша коробки, если

только в этом месте вкладыш и крышка не соединены непосредственно при помощи особого прилива.

Употребление автоматических смазочных коробок Товота и друг. можно рекомендовать особенно в тех случаях, где рабочий должен наблюдать за многими подшипниками, контроль которых неудобен, а также когда нельзя с уверенностью положиться на исполнительность рабочего. Но так как, с другой стороны, на автоматичность действия этих приборов влияют посторонние причины (пыль, грязь, мороз, жара), то более надежными при хорошем их обслуживании оказываются масленки Штауффера и другие смазочные приборы, приводимые в действие от руки.

Таблица для масленок Штауффера.

Номер масленок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр стакана в свету в мм	16	22	30	40	50	60	70	85	100	125
Диаметр цапфы в англ. дюймах	—	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	3/8	3/8	1/2
Для диаметра вала в мм	15	20	30	45	45	80	100	125	150	200

Соединительная трубка в 40—80 мм длины и 1/4—3/8 диаметр. в свету.

Таблица для масленок Товота.

Номер масленок	0	1	2	3	4	5	6
Диаметр сосуда в свету в мм	26	32	37	42	46	50	57
Длина трубы мм	30	50	60	75	90	110	150
Для диаметра вала в мм	40	50	75	100	125	150	200

Для мелких производств или таких, которые находятся в отдаленных местностях, пользование двойного рода смазочными материалами и необходимость для каждого из них иметь особые приборы — представляет значительные неудобства. При пользовании одним только веществом

для смазки т. е. или исключительно жиром, возможно их применять только в немногих случаях, что усиливает, конечно, еще вышеупомянутые неудобства. Поэтому в свое время стали конструировать такие приборы, которые одинаково пригодны и для масла, и для жира, так что в случае израсходования одного из этих веществ или какой-нибудь желательной перемены в производстве, можно без всяких затруднений имеющимися приборами воспользоваться и для другой смазки.

Такие приборы называются обыкновенно „комбинированными масленками“.

Во всяком случае идея таких приборов нельзя отказать в значении, и, конечно, со временем будет, вероятно, придумана для них самая целесообразная конструкция.

Все вышеуказанные приборы для смазки оказываются по большей части непригодными или ненадежными, когда прониканию смазки между



Фиг. 940.

скользящими поверхностями препятствует какое-нибудь более значительное соприкосновение; в таких случаях необходимо ставить особые смазочные приборы, приводимые в действие механически. Указанные сейчас сопротивления могут вызываться уже самым действием данных машинных частей, очень большим давлением на скользящих поверхностях, наконец, непосредственным противодавлением (например, у паровых цилиндров, компрессоров, насосов). Возможность работать смазочному прибору должна быть при этом постоянно настолько велика, чтобы она могла преодолеть данное сопротивление. Необ-

ходимая для этого сила получается посредством давления на выходящее масло или жир посредством пружины или груза, а также и тем, что заставляют имеющееся противодавление действовать одновременно и на верхнюю поверхность смазки.

Самым надежным средством в таких случаях является нагнетание смазки при помощи особых насосов (смазка под давлением).

Приборы эти особенно распространены и выгодны у паровых машин и двигателей внутреннего сгорания, где они дают надежную, очень равномерную экономную смазку.

В этих аппаратах смазка по большей части всасывается из особого вместительного сосуда при помощи небольшого насосного или прессового поршня, или посредством небольших ротационных или центробежных насосов, которые приводятся в действие от какой-нибудь движущейся взад и вперед машинной части (например шатуна, крейцкопфа, золотникового штока и т. п.) и при помощи узкой медной трубочки непрерывно подводится к требуемому месту. Из многочисленных, имеющих в продаже насосов для смазки, назовем насосы Моллеруппа, Михалека, Лозенгаузена,



Фиг. 941.

Гамбрука и т. д., которые до настоящего времени распространены на практике в большом количестве.

Мы не станем здесь конечно, вдаваться в подробности конструкции как этих, так и других многочисленных приборов этого рода, равно как и циркуляционных систем. Путем опыта можно лучше всего убедиться в пригодности той или другой системы или прибора; скажем только, что некоторые из этих приборов, при конструировании которых чересчур стремятся к дешевизне, оставляют очень много желать в смысле их надежности и продолжительности службы.

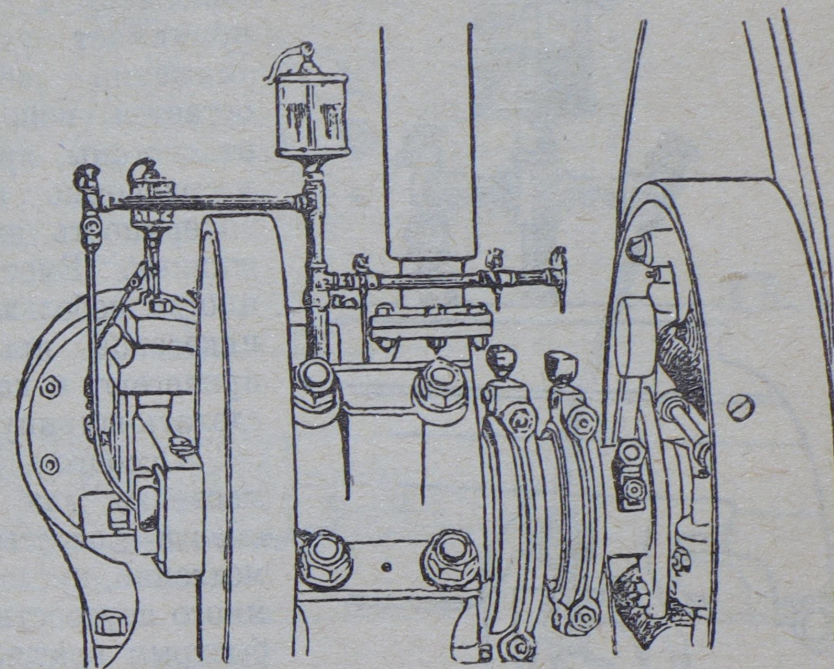
При благоприятных условиях механически действующий простой смазочный прибор в таком виде, например, как его мы видим на двигателях завода Отто Дейтц и других для смазки рабочих цилиндров является вполне пригодным и экономно действующим аппаратом для распределения смазки.

Прибор в главных частях своих состоит из бакаловидного сосуда, в котором движется небольшая бесконечная цепь; небольшие отделительные пластинки переносят каплями масло в отдельные подводящие трубочки: при этом масло не должно быть ни густым, ни очень вязким.

В тех случаях, когда по некоторым соображениям неудобно или нежелательно снабжать каждый механизм отдельной масленкой, обычно все или большую часть движущихся частей смазывают из одного большого прибора, откуда смазка и подается в отдельные места по особым трубочкам и каналам, примером чего могут служить распределители по фиг. 942 и 943.

Такая центральная смазка является при благоприятных условиях выгодной, экономной и чистой, но требует особенно хорошего, не тягучего масла, дабы не засорялись подводящие смазку трубочки. Если в каком-нибудь подлежащем смазыванию месте имеется противодавление, то на соответственной трубочке на месте ее ответвления должен быть поставлен небольшой возвратный клапан, если только, конечно, не желательно передать это давление и в другие подводящие смазку трубочки.

Кольцевая смазка, которая уже много лет применяется у машин, состоит в том, что кольца, закрепленные на валу концентрически с ним, или свободно лежащие на нем и увлекаемые во вращение



Фиг. 942.

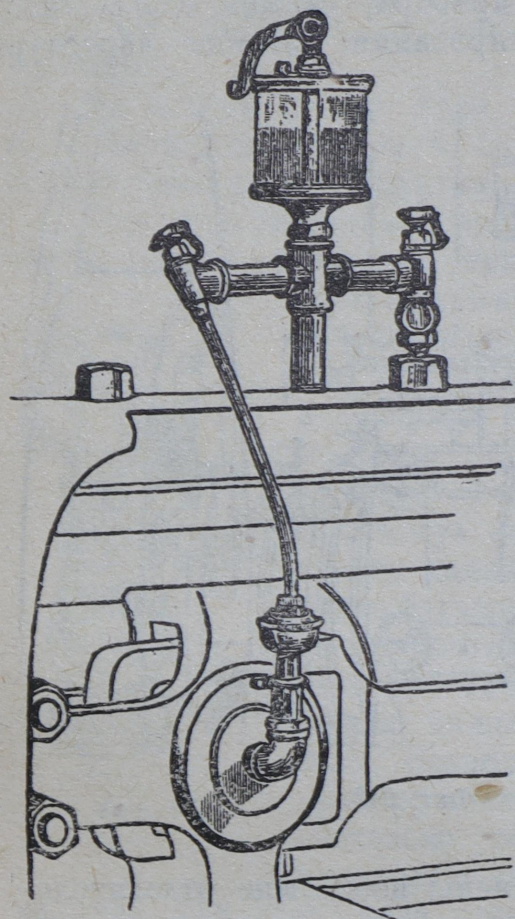
силою течения между валом и кольцом, увлекают на себе во время вращения из резервуара масло. Распределение смазки производится здесь посредством одного или нескольких плоских колец *b*, висящих на шейке вала, между вкладышами *a* (фиг. 949); ширина этих колец — около 20–30 мм., а диаметр их приблизительно = $1\frac{1}{2}$ до 2 диаметров шейки,

так что нижняя часть его лежит в пространстве *c*, находящимся под вкладышем, наполненном чистым маслом. Кольцо принимает участие во вращательном движении шейки или, как сказано, остается неподвижным, в зависимости от системы, причем смазка равномерно и экономно передается на верхнюю поверхность цапфы, а оттуда — в подшипник. Вместо колец употребляются иногда небольшие цепи из латунной или никелевой проволоки, которые лучше прилегают к цапфе, и дают возможность сделать ширину подшипника более узкой.

Особого внимания заслуживают масленки для холостых шкивов. Если смазка холостых шкивов, вращающихся медленно, представляет по большей части много неудобств, то при шкивах с очень быстрым вращением, правильное подведение смазки особенно затруднительно. Самый распространенный способ смазывания холостых шкивов при помощи особого сосуда является ненадежным и нерациональным, и его следует применять только у медленно вращающихся или второстепенных шкивов. При таком способе смазки всегда в данный момент

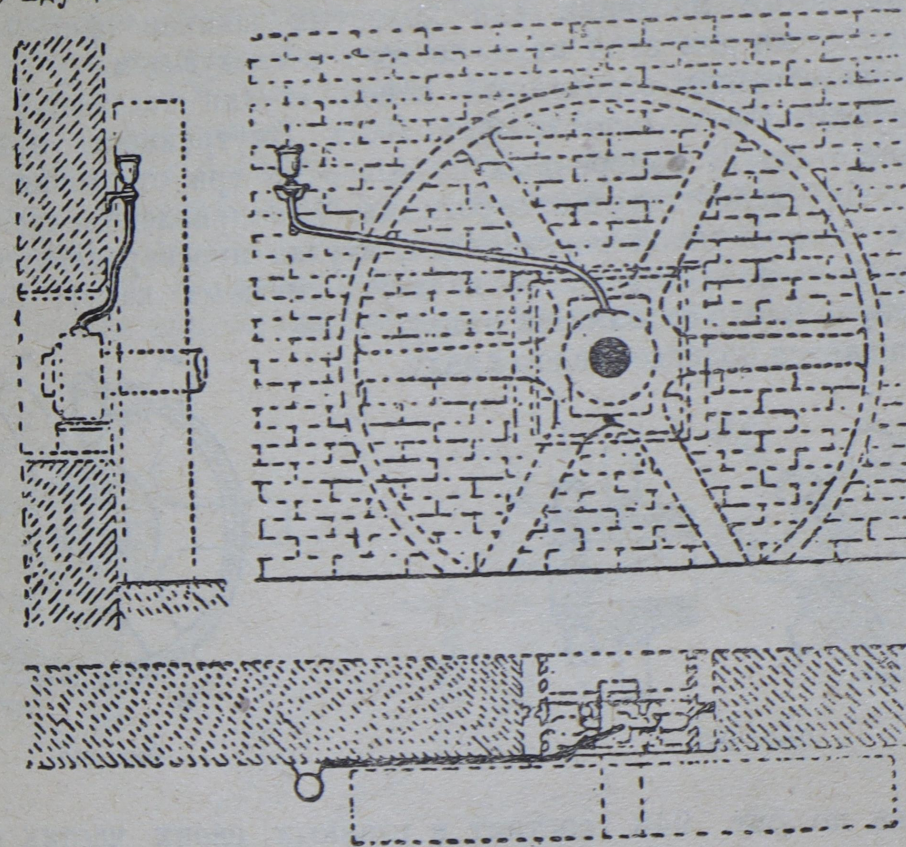
подводится слишком много масла, которое разбрызгивается, шкив начинает работать и пачкает соседние части машин. Масленки Штауффера также требуют подвинчивания через короткие промежутки времени, масленка же Товота вообще не действует при шкивах быстро вращающихся, так как вследствие центробежной силы его надавливающий поршень даже не соприкасается со смазкой. По той же причине и обыкновенные масленки действуют только тогда, когда шкив находится в спокойном состоянии; к тому же они легко разбиваются сналающими ремнями и т. п. В виду этого, во всех случаях рекомендуется употреблять особые масленки для холостых шкивов.

Из таких приборов больше всех известна автоматически смазывающая втулка. Здесь шкив вращается на чугунной или бронзовой втулке, которая на внутренней своей поверхности имеет как можно большую выемку для плотной смазки и укрепляется на валу



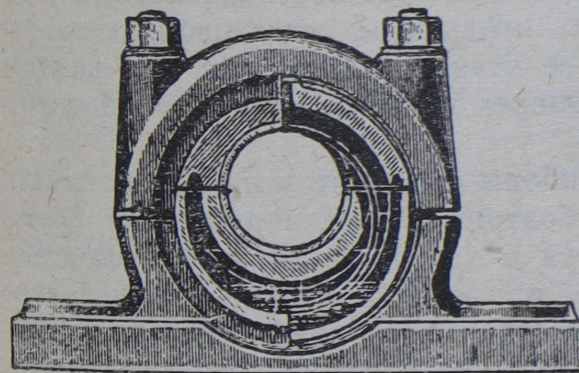
Фиг. 943.

посредством установочного винта. На внешней поверхности втулки имеются 4–6 идущих по винтовой линии бороздок для смазки, из которых

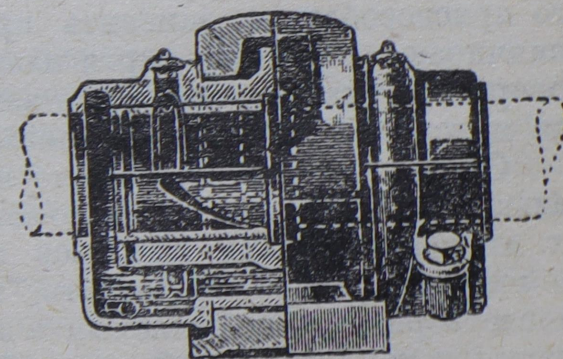


Фиг. 944.

каждая в свою очередь соединена посредством небольших отверстий с вышеуказанной выемкой. Смазка через более продолжительные проме-



Фиг. 945.



Фиг. 946.

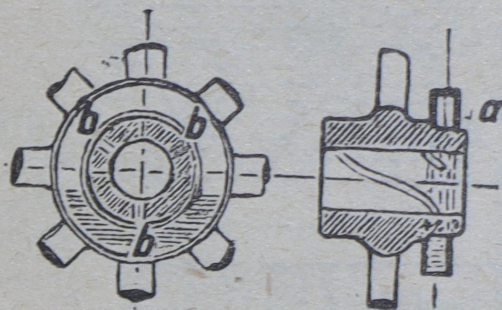
жутки времени вводится во втулку при помощи ручного насоса через прожженное винтовой нарезкой отверстие.

Когда на шкив надет ремень, то вследствие теплоты, развивающейся при трении, плотность смазки уменьшается, и через имеющиеся неболь-

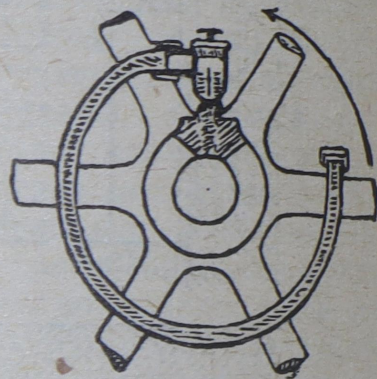
шие отверстия она переходит в винтовые бороздки и между скользящими поверхностями. Смазка получается экономная и чистая.

Вышеописанные масленки для холостых шкивов (фиг. 947 и 948), часто применяемые для этой цели, состоят в следующем.

На соответственно обточенный конец втулки надевается в горячем состоянии пустотелое кольцо *a* (фиг. 947). Внутренность этого кольца разделена посредством поперечных стенок *b* на три отделения, соединенные между собой небольшими отверстиями. В направлении, составляющем продолжение каждой такой перегородки, втулка просверливается, так что постоянно к валу попадает масло из двух смежных камер. Когда шкив не вращается, то масло скопится внизу, чем и прекращается подведение его к валу.



Фиг. 947.



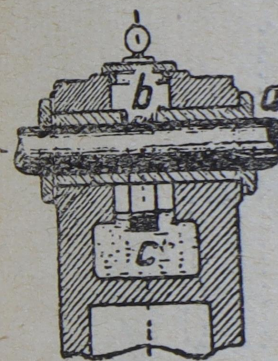
Фиг. 948.

Масленка по фиг. 948 состоит в главных своих частях из игольчатой масленки с трубкой из красной меди; к этой последней, в виде его продолжения, прикрепляется изогнутая концентрически к ступице трубка; благодаря этому увеличивается пространство для масла, и благодаря ее своеобразной форме регулируется и обеспечивается приток смазки.

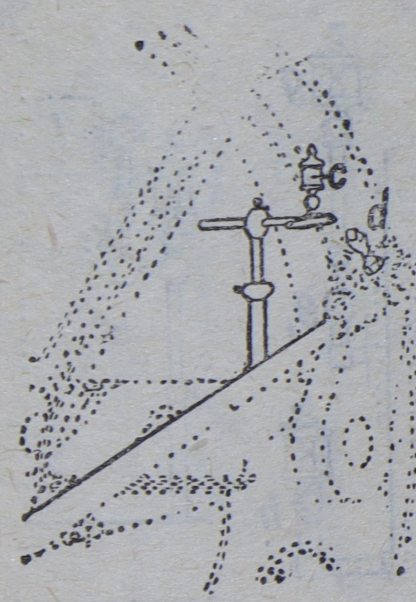
При медленно вращающихся шкивах, в случае необходимости, можно это приспособление заменить простой игольчатой масленкой, которую ввинчивают во втулку вертикально к ее отверстию, так как при каждом повороте игла перемещается взад и вперед и благодаря этому действует, как маленький насосный поршень.

Обратим теперь внимание на приборы для автоматической смазки пальцев кривошипов, крейцкопфных болтов и эксцентриков во время их движения. Таких приборов имеется в настоящее время множество, но мы постараемся проследить, какие из этих приборов лучше всего удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям; требования же заключаются в том, что подобные приборы должны работать надежно, давать обильную смазку, должны отличаться дешевизной и простотой конструкции и по возможности требовать мало ремонта. Построенные с соблюдением этих принципов, приборы можно разделить на три группы. В приборах первой группы сосуд, движущийся помощью цапфы, хамута и т. п., снимает масло с ленты или с какой либо кромки путем непосредственного соприкосновения; в приборах второй группы смазка производится свободным падением видимых капель масла в открытые резервуары;

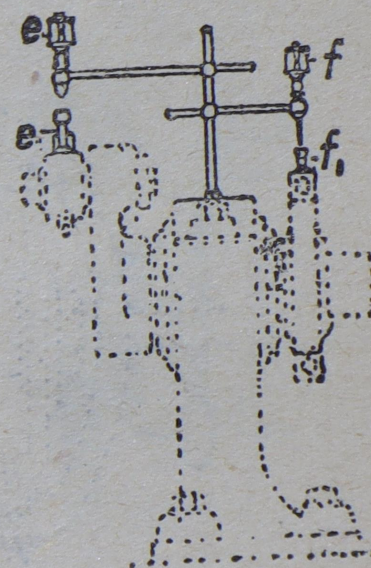
наконец, в приборах третьей группы—движением видимых капель масла в закрытые резервуары. Порядок, в котором мы перечислили все эти группы, соответствует истории их возникновения. Смазочный прибор *c—d* (фиг. 950) состоит из открытого сосуда *d*, привинченного к обращенной к кривошипу головки шатуна и из масленки *c*, которая может перемещаться горизонтально по неподвижной телескопной подставке. Эта масленка служит резервуаром масла, открытый же сосуд при емником его. Правильность передачи смазки от масленки *c* к сосуду *d* достигается помощью скалки, установленной под сосудом *c* так, что при вращении кривошипа верхняя часть сосуда *d* должна скользить



Фиг. 949.



Фиг. 950.



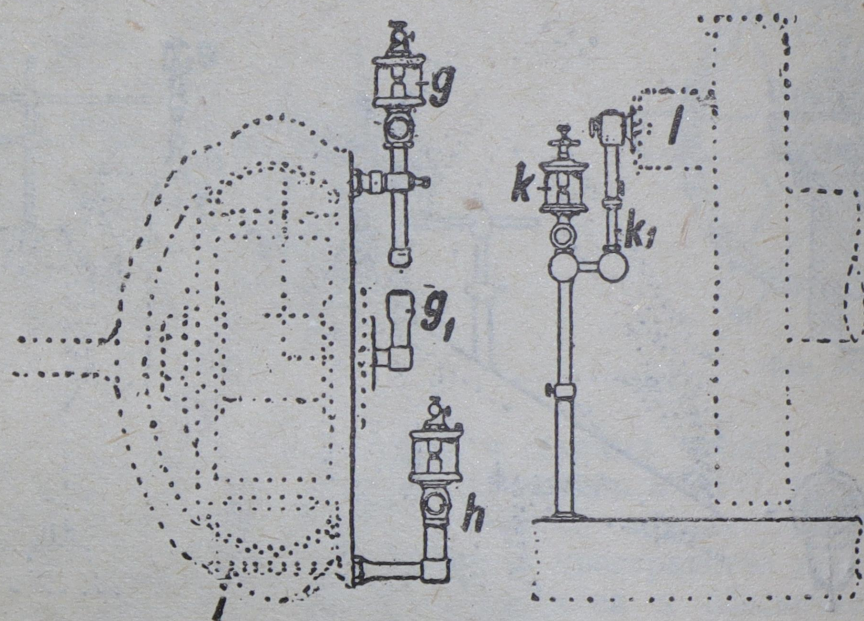
Фиг. 951.

вдоль этой скалки. Вдоль скалки имеется хорошо проводящая влажность лента, волокна которой тотчас же распределяют по всей поверхности падающие на нее капли, так что соприкасающаяся с этой лентой верхняя часть сосуда *d* всегда находит достаточное количество масла для восприятия. Сосуд же *d* имеет свою цель—подводить собранное им масло к пальцу кривошипа.

При другой конструкции приборов той же группы (фиг. 951) вместо ленты берется острая металлическая кромка, с которой снимает масло сосуд *e*; в данном случае прежняя телескопная подставка заменена здесь прочной подставкой с переставляемым на ней плечом. Обе вышеуказанные системы отличаются простотой конструкции, а вследствие этого и дешевизной и требует мало ремонта, но при этих приборах можно всегда ждать остановки их действия. Так как сосуды *d* и *e* должны быть всегда открыты, а смазка в обоих случаях перед тем, как попасть в эти сосуды, должна некоторое время оставаться на ничем не прикрытой ленте или острой кромке, то на нее может попасть пыль и грязь, сделать масло таким образом густым и тем уменьшить его смазывающую способность.

Если же на смазку попадет и металлическая пыль, то эта последняя вызовет образование бороздок во вкладыше подшипника или на пальце кривошипа.

В виду этих соображений конструкцию по фиг. 950 стали заменять другой, представленной на фиг. 951. Отсутствие попыток устранить недостатки вышеуказанных приборов объясняется слабым развитием и прежде время техники изготовления фильтровальных тканей; для предохранения смазки от грязи и пыли, следовало лишь положить в открытые сосуды d и e_1 кусок не слишком толстого фильтрующего сукна; если даже принять во внимание, что с течением времени сукно теряет



Фиг. 952.

свою фильтрующую способность, то замена его новым сопряжена лишь с минимальными затратами.

Впрочем конструкции фиг. 950 и 951 обладают далеко неодинаковыми достоинствами; предпочтение следует отдать конструкции фиг. 951 вследствие того, что при нем не приходится опасаться разрыва тонкой ленты, как это случается при конструкции фиг. 950.

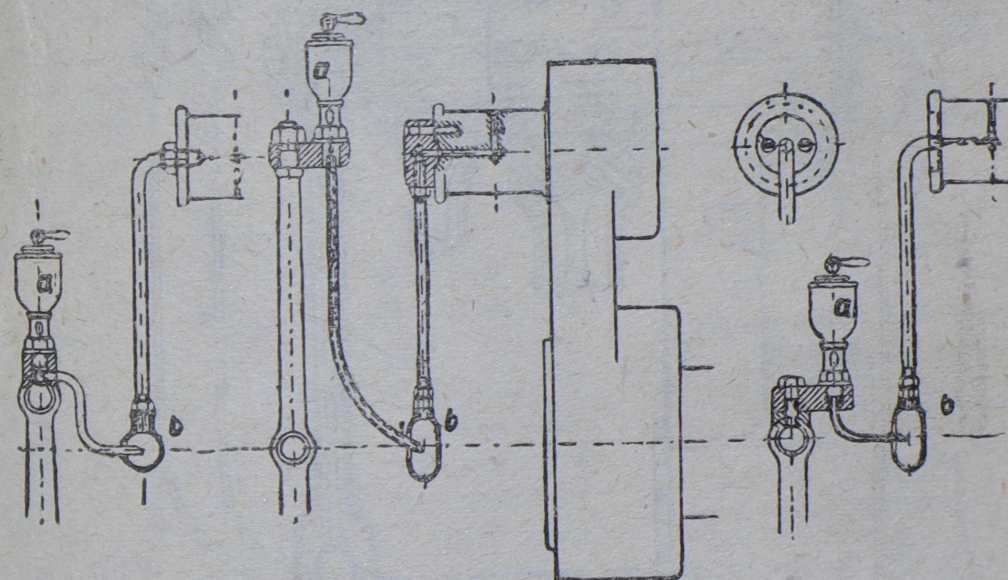
Приборы второй группы (фиг. 951) характеризуются тем, что в них масло, пройдя через прозрачные стеклянные трубки масленки, падает по каплям через точно определенные промежутки времени в открытые сосуды e_1 и f_1 , расположенные на смазываемых эксцентриках или пальцах кривошипов. Масленки с видимою каплей e и f прикрепляются надлежащим образом к неподвижным частям машины (коренным подшипникам, раме и т. п.).

Эти приборы также отличаются простотой конструкции, а следовательно и дешевизной, дают обильную смазку и легко регулируются; но здесь еще больше, чем при приборах первой группы, можно опасаться,

что в открытые сосуды попадет грязь, так как верхнее отверстие их должно быть очень широко для того, чтобы в него свободно падали капли масла. Но, с другой стороны, здесь исключена возможность загрязнения масла на смазывающей ленте. Но и здесь, путем прокладки фильтрующей материи, можно устранить возможность загрязнения трущихся поверхностей.

В настоящее время распространены приборы третьей группы (фиг. 952), при чем приспособление h наиболее часто применяется для смазки параллелей и пальцев кривошипа.

В приборе h масло, пройдя через прозрачную масленку, падает каплями в коленчатую трубку, а из последней, попадает в отверстия i ,



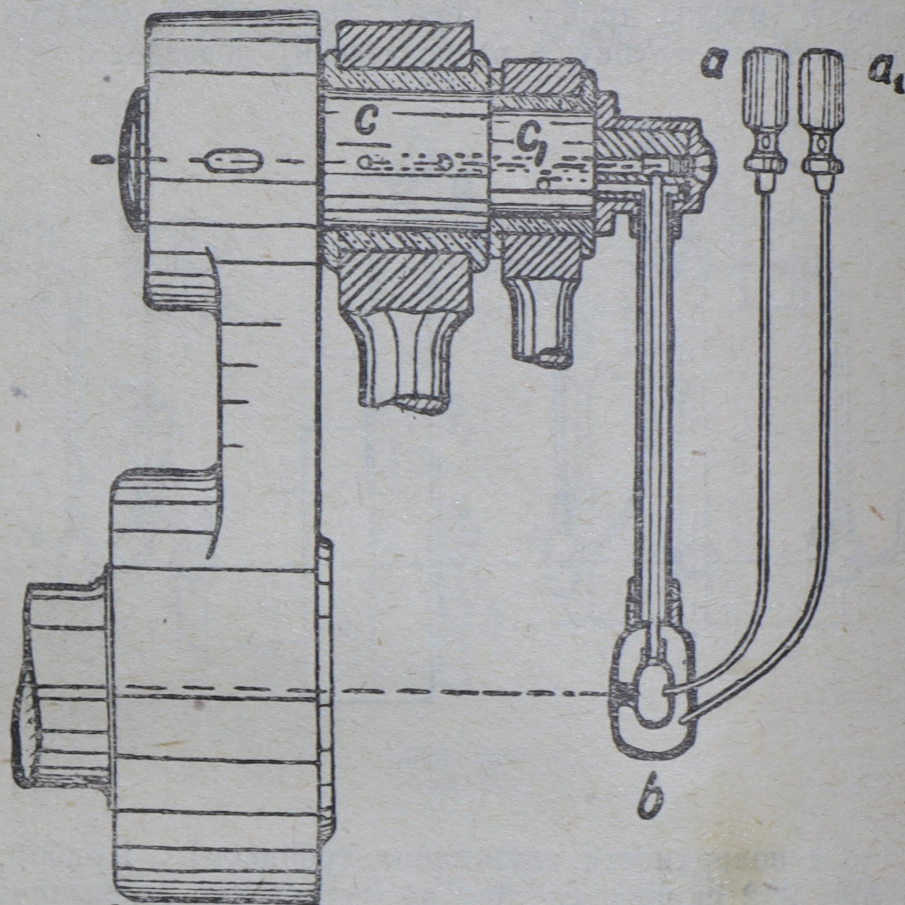
Фиг. 953.

подводящие его к поверхности скольжения кресткопфа. Прибор, представленный на фиг. 952 справа, состоит из неподвижно укрепленного резервуара для масла k и из подвижного передаточного прибора k_1 . Последний, соединенный подвижно помощью шаровых шарниров с подставкой и смазываемым пальцем кривошипа l , состоит из трубки и двух соединительных частей; из этих последних одна находится под масленкой k , а другая — у пальца кривошипа l ; обе они имеют вид шара. Смазка из масленки k через нижнее шаровое звено поступает в трубку k_1 , откуда через верхнюю шаровую часть подводится к пальцу кривошипа l . Из этих конструкций, если рассматривать лишь самый смазочный прибор, первая оказывается более простой, но высверливание отверстия i в кривошипе представляет довольно сложную работу и если в этом отверстии почему либо заострится масло или останутся отделившиеся от стенок металлические стружки, то весь прибор может прекратить свое действие. То же самое можно сказать и о примыкающих к масленке смазочных трубках. Правда, всякий машинист знает, что при каждой более или менее продолжительной

остановке машины следует опорожнить и прочистить все масленки; но насколько подобное правило соблюдается на практике, об этом может сказать любой заводский механик.

Прибор, представленный на фиг. 953, отличается еще некоторой сложностью конструкции, обусловливаемой применением шаровых шарниров.

Но зато приборы этой группы обладают тем преимуществом по сравнению с остальными подобного рода приборами, что в них совершенно



Фиг. 954.

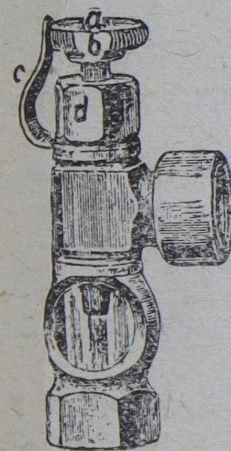
исключена возможность загрязнения масла по пути от масленки h или k (фиг. 952) к параллелям или пальцу кривошипа. Точно также здесь не может иметь места разбрызгивание масла, что легко может произойти в вышеуказанных приборах при неправильной установке сосудов f_1 и g_1 или масленок c , e , f и g (см. фиг. 950, 951 и 953).

На фиг. 953 показан один из способов подведения масла к пальцу кривошипа, который заключается в следующем. Масленка a устанавливается в верхней части ограждения машины. а сборник d , куда стекает масло, находится на продолжении геометрической линии оси вала внизу. Во время движения машины развиваемая центробежная сила увлекает масло к центру пальца, откуда оно по внутреннему каналу попадает на рабочую поверхность. В машинах, где монтированы два смежных

пальца, например, в машинах с охлаждением, где скажем, воздушный насос получает движение от продолженного пальца кривошипа, устанавливаются по тому же плану, но с той разницей, что масленок a и a_1 здесь две, равно как и трубок, а сборник b имеет двойную камеру, из которой масло идет самостоятельно к каждому пальцу c и c_1 (фиг. 954).

Рассмотрев все преимущества и недостатки всех указанных нами типов смазочных приборов, мы приходим к заключению, что все они несовершенны и требуют дальнейших улучшений. С другой стороны мы должны признать, что наиболее удобными, надежными и простыми в конструктивном отношении являются приборы $e-e_1$ и $f-f_1$ (фиг. 951, и система по фиг. 953), если только, как мы уже упоминали, снабдить первые фильтрующими прокладками; эти последние приходится в каждом сосуде для масла менять от 2 до 3 раз в неделю.

В тех случаях, когда подшипник главного вала вделан в стену (что является, заметим, по существу не правильным) и маховое колесо находится от последней в очень небольшом расстоянии, приходится иметь для смазывания подшипника несколько иное приспособление (фиг. 944).

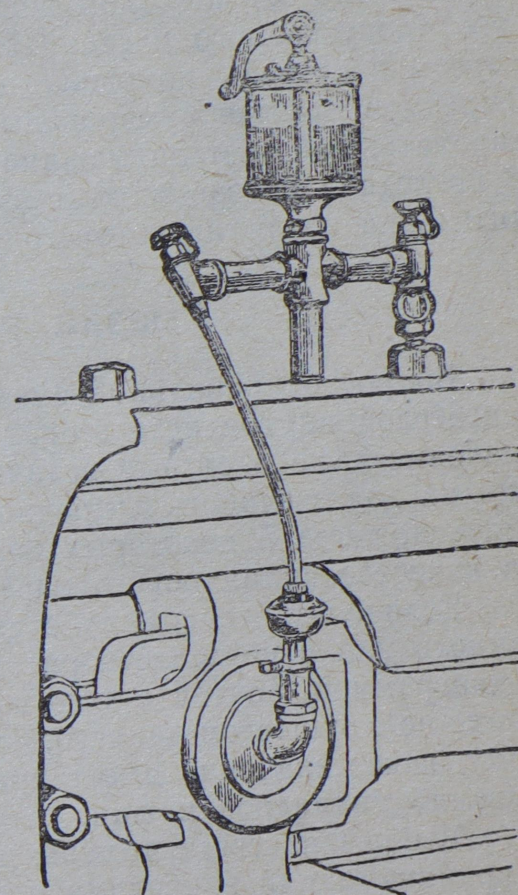


Фиг. 955.

При подобном расположении является для рабочего затруднительным и крайне опасным проходить между маховиком и стеной, так как он рискует каждую минуту быть задетым или увлеченным маховиком. Во избежание этого резервуар с маслом располагается где-либо сбоку на стене и помощью длинной трубочки масло проводится к подшипнику.

В тех случаях, когда применяется способ смазывания разных деталей машины или механизма централизованным путем от одного или двух центральных пунктов (здесь мы не имеем в виду центральных систем крупных установок), что в особенности важно в машинах, работающих непрерывно, то из схем по фиг. 942 и 956, в применении к паровой машине, видно, где в подобных случаях нужно выбирать места укрепления частных и общих масленок.

Устанавливаемые в данном случае частные масленки представляют собою тип масленок с указателем, как видно на фиг. 955. Для регули-



Фиг. 956.

ровки количества капель служит винт *a*, головка которого снабжена гравировками *b*. Когда необходимое количество капель для данной трущейся поверхности раз навсегда определено, то, установив пружину *c* в упор к головке против той или другой грани *b* (как видно на фиг. 955), придерживают пружину гайкой *d*.

Общая маслянка, применяемая в случае смазывания машины с центрального пункта, представлена на фиг. 956, центральный шпindel снабжен рычагом, который висит свободно, когда маслянка не подает масла; когда же подъемом шпинделя на ту или другую высоту, количество пропускаемого масляной масла выяснено, то рычаг зажимается в вырезы в крышке помощью вилкообразного рычага одетого на гайку. Вырезы в крышке нумерованы и, следя за номером, можно легко контролировать, работает ли машина с нормальным расходом масла или нет. В последнем случае следует выяснить причину перерасхода масла, сравнительная величина которого указывается номером выреза.

Смазка рабочих цилиндров.

Вопрос о правильной смазке рабочих цилиндров паровых машин и двигателей внутреннего сгорания вообще говоря имеет такое выдающееся значение даже в смысле величины проявляемой машиной работы и влияния на долговечность и прочность цилиндров, что следует только удивляться, когда в некоторых силовых хозяйствах прибегают к экономии на качестве цилиндрического масла.

Если снять диаграмму с цилиндра паровой машины, долго не смазанного или с неудовлетворительным подведением смазки, и сравнить ее с диаграммой, снятой с того же цилиндра при одинаковых прочих условиях, но хорошо смазанного, — то без всяких слов ясно будет всякому, какое значение имеет правильное непрерывно-периодическое смазывание цилиндров машин.

Мы раз навсегда должны прийти к заключению, что двойные маслянки с краниками или вентилями представляют собою аппараты, годные только для резерва, к которым следует прибегать только в крайних случаях, когда требуется почему-либо в один прием, сразу сильно смазать цилиндры; при непрерывной же работе машины они далеко не исполняют требуемого от них. Несколько иначе и вернее работают насосные маслянки, раз машина не меняет часто числа своих оборотов, или если с изменением числа оборотов машины регулировать тщательно приток масла краном или вентилям при этих маслянках.

Лучшей системой для смазывания цилиндров следует считать смазку под давлением, что в особенности справедливо в отношении более или менее крупных машин.

В паровых машинах очень распространен прибор, именуемый лубрикаторм.

Благодаря непрерывной периодичности своего действия, он работает совершенно точно и при большой экономии в отношении расхода смазочного материала, особенно тогда, когда на производстве лубрикаторм

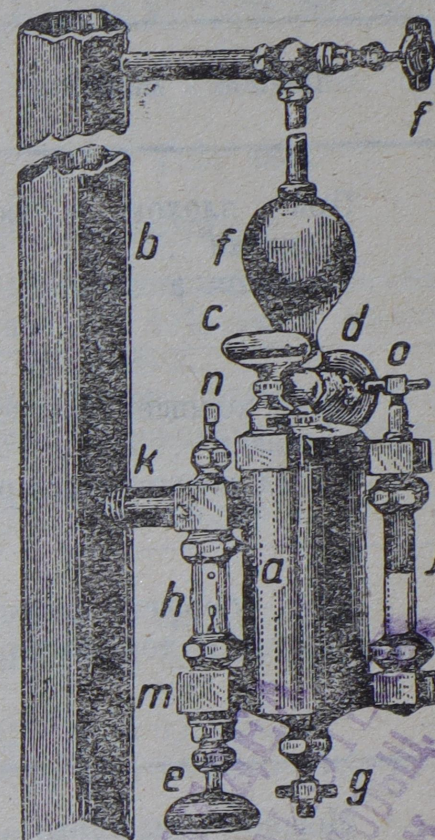
смазываются одновременно несколько паровых машин, действующих также одновременно.

Следует указать на большую ошибку большинства монтеров, пропускающих трубу, проводящую масло от лубрикатора, как можно ближе к стопорному вентилю. Выгоднее дать маслу возможность лучше смешаться с паром. В данном случае, смазываем ли мы один цилиндр или несколько, следует маслопровод лубрикатора отвести как можно далее от стопорного вентиля, помещая самый лубрикатор, как это обыкновенно практикуется, у цилиндра или где-нибудь около в другом месте, откуда удобнее наблюдать за работой и регулировкой лубрикатора.

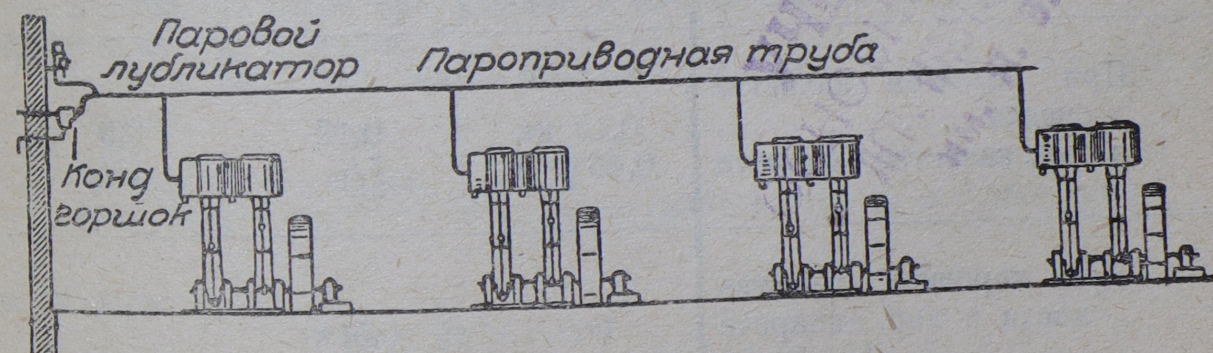
Существует очень много систем паровых лубрикаторов, которые отличаются между собою некоторыми особенностями в своих деталях.

Для выяснения общего принципа их действия рассмотрим устройство какого-либо парового лубрикатора (фиг. 957).

Здесь *a* — резервуар для масла, снабженный внутри трубкой, сообщенной с штуцером *m*, *b* — паровая труба, *c* — вентиль для наполнения резервуара маслом, *d* — вентиль для воды, *e* — вентиль, регулирующий приток масла, *f* — *f* — отросток для паровой трубы и резервуар для конденсации пара, *g* — вентиль для спуска излишней воды, *h* — стеклянная трубка, наполненная водою или глицерином, служащая для показания капель масла, проходящих в смазываемый цилиндр, *i* — стекло, указывающее уровень смазываемого мате-



Фиг. 957.



Фиг. 958.

риала в резервуаре *a*; *k* — сток масла в паровую трубу; *n* — вентиль для прочистки водомерного стекла.

Наполнив резервуар *a* маслом и водой или одним маслом, что не так удобно, открывают кран *e*; пар проходит в конденсатор *f*, сгущается здесь и проходит в резервуар *a*, отчего уровень масла повышается и через трубки внутри резервуара *a* масло проходит через регулируемый вентиль *m* и *n* в трубку *k*, паровую трубку и оттуда в цилиндр.

Мощность машины	10—20	20—45	50—100	110—350
При плохом качестве смазки и плохом аппарате . . .	2,2 кг 6 фун.	1,6 4	1,3 3,25	1,1 2,5
При хорошем качестве смазки и сред. качестве аппарата	0,4 кг 1 фун.	0,3 $\frac{3}{4}$	0,25 $\frac{3}{5}$	0,2 0,5
При хорошем качестве масла и хор. аппарате	—	—	0,3	—

Мощность машины	360—500	510—1000	Для паровых молотов
При плохом качестве смазки и плохом аппарате . . .	0,9 кг 2,75 фун.	0,7 1,25	2,2 6
При хорошем качестве смазки и сред. качестве аппарата	0,15 кг. 0,45 фун.	0,12 $\frac{3}{10}$	0,5 $1\frac{1}{4}$
При хорошем качестве масла и хор. аппарате	0,5 кг		

Для правильного и спокойного действия лубриката всьма важно, чтобы пар, вступающий в него, был более или менее сухим, для каковой

цели полезно в паровой трубе до проводки от нее отростка к лубрикатору поставить конденсационный горшок.

На фиг. 958 изображено расположение лубриката и способ смазывания им четырех старых паровых машин, установленных на одной электрической станции. Каждая машина в 100 сил; из них три работают круглые сутки, а четвертая — только ночью.

Каждая машина делает 140 оборотов при давлении пара в 8 атмосфер.

Расход смазки для них составляет 1,8 кг (5 фун.) в 24 часа.

Это составляет в 10 часов $\frac{1,8}{2,4} = 0,8$ кг (почти 2 фун.).

Как показывает наблюдение, расход смазочного материала для смазки цилиндров не пропорционален мощности машины: для небольших машин расход масла на одну силу в час больше, чем у больших.

Имея дело с хорошим минеральным маслом, следует считать расход масла на 100 сил в 10 рабочих часов, пользуясь приводимой ниже следующей ориентировочной таблицей.

Таким образом машина в 300 сил расходует в 10 часов:

При плохом качестве смазки и масленок. . . на 1000 сил-часов 1,02 кг = 2,5 фун.,
а в 3000 „ „ $1,2 \times 3 = 3,07$ кг = 7,5 фун.

При хорошем качестве масла и масленок. . . в 1000 „ „ 0,21 кг = 0,5 фун.,
а в 3000 „ „ $3 \times 0,21 = 0,61$ кг = 1,5 фун.

По этим данным мы легко можем определить, какой может быть расход масла для любой из машин в течение 10 или 24 часов.

Пусть имеется машина на 15 сил, и, спрашивается, какой должен быть расход масла при хорошем его качестве и правильном устройстве смазывающих приборов.

Рассуждаем таким образом:

в 1000 сил-часов при машине в 10—20 сил по 10 часов расходует 0,409 кг = 1 фун. масла,

в $15 \times 10 = 150$ сил-часов расход масла будет x ,
при чем

$$x = \frac{15 \times 10 \times 0,409}{1000} = \frac{61,35}{1000} = 0,061 \text{ кг (61 г)} = 0,550 \text{ фун.};$$

а 24 часа:

$$x = \frac{15 \times 24 \times 0,409}{1000} = 0,149 \text{ кг (147 г)}.$$

В двигателях внутреннего сгорания допускать смазку поршня и его болта при помощи капельниц можно только в машинах небольших мощностей; средние и тем более крупные двигатели снабжаются системой

центральной смазки под давлением. Плохие стороны смазки при помощи капельниц в особенности сказываются при пропускающих поршнях или несовершенстве сгорания в цилиндре. Имеющиеся на поршнях смазывательные канавки мало приносят пользы, если масло подводится не под давлением. Дело в том, что эти канавки при пользовании капельницами быстро загрязняются, забиваются твердой масляной коркой, которая только мешает правильному обмену; при подаче масла под давлением и в должное время, оно прочищает канавки, которые в этом случае действительно приносят пользу.

Смазка поршневого болта в небольших двигателях достигается открытым притоком масла, т.-е. при посредстве тех же капельниц или при густой смазке, пружинными масленками; средние и крупные машины должны быть обеспечены подачей масла к болту под давлением.

Вопросы, не затронутые в настоящей главе, относительно смазки тех или других машинных частей, разобраны по главам в соответствующих местах.

Улавливание и утилизация масла, отработавшего в паровых цилиндрах.

Кто следил за оборудованьями, где работает несколько паровых машин и где добросовестно ведутся книги расходов по отдельным статьям, тот не мог не обратить внимания на значительные расходы на цилиндрическое масло. Кому случалось исследовать масло, плавающее на поверхности конденсационной воды, следовательно, прошедшее через цилиндры, знают, что если собрать такое масло, то им, или в смеси с чистым маслом, или же без примеси, можно было снова воспользоваться для смазки цилиндров второстепенных и не столь чувствительных машин. Возможность собирать масло — ясна для всякого, но далеко не все осуществляют эту идею на практике. Вот почему мы считаем полезным сообщить здесь два способа утилизации цилиндрического масла, оказавшихся очень удобными в практической работе.

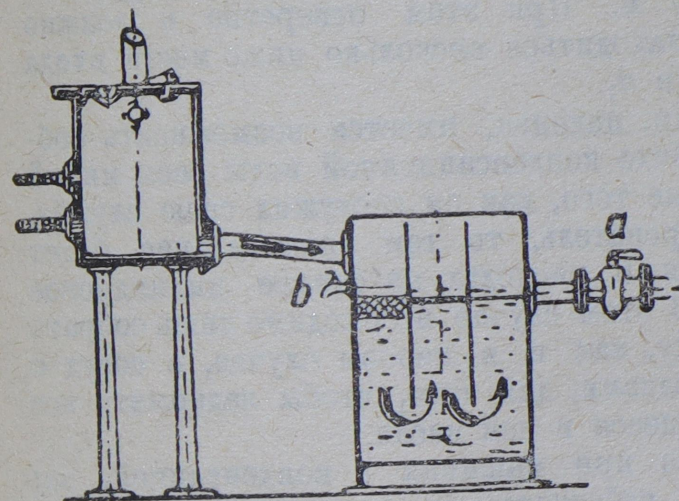
Предположим, что имеется большая компаунд-машина без конденсации и что, следовательно, отработавший пар употребляется где-нибудь в другом месте, хотя бы для отопления или питания паровой турбины; далее, пусть пар из котла, прежде чем попасть в цилиндры, нагревает их, проходя через паровые рубашки.

У паровой машины, следовательно, конденсационная вода соберется в следующих местах:

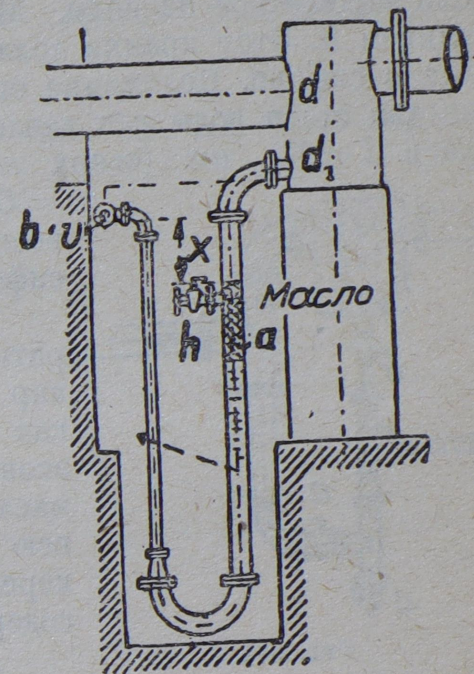
- 1) в паропроводе к машине;
- 2) в паровой рубашке цилиндра высокого давления;
- 3) в рессивере и паровой рубашке цилиндра низкого давления;
- 4) в трубопроводе, отводящем отработавший пар;

конденсационная вода из мест, упомянутых в пунктах 1—3, удаляется автоматически через конденсационные горшки, которые требуют постоянного наблюдения за собою, так как в противном случае они вместо пользы могут быть причиной значительной потери пара.

Иногда можно встретить устройства, в которых все конденсационные горшки сообщаются с одним общим трубопроводом, так что нет возможности убедиться в правильном функционировании каждого отдельного горшка. Поэтому гораздо удобнее, чтобы из каждого горшка отдельно вода втекала в открытый бак, а из этого последнего уже отводилась через одну общую трубу. Бак снабжают вращающейся крышкой, так что можно наблюдать за притоком воды из каждого отдельного горшка; далее, в баке имеется труба для отвода образующегося пара. Кроме того, в бак должна входить труба, отводящая конденсационную воду из водоотделителя главной паровой трубы; по этой трубе должна быстро стечь в бак



Фиг. 959.



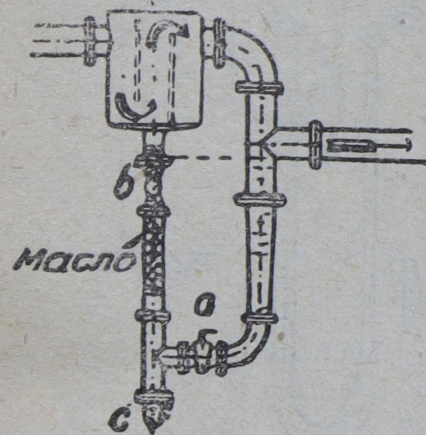
Фиг. 960.

вода, прежде чем машина начнет работать, чтобы избежать ударов в машине; наконец, бак следует сообщать с трубопроводом, идущим от 4 машины; спускных кранов у цилиндров. Таким образом, бак снабжен 8 отверстиями, подводщими к нему воду, одним для спуска воды и одним для отведения пара. Для того же, чтобы собрать все масло, находящееся в конденсационной воде из рессивера и рубашки цилиндра низкого давления, а также из трубопровода от спускных кранов, в общий отвод вводится второй сосуд (железная бочка или что-нибудь в этом роде), внутри которого имеются две перегородки (фиг. 959), между которыми собирается масло, вода же вытекает из него. Масло это или от времени до времени счерпывают или же ставят кран *a* на спускной трубе, и еще второй — *b* у приемной трубы; в последнем случае, закрывая кран *a*, можно поднять уровень масла в сосуде, как это показано пунктирной линией, и выпустить масло прямо через краник *b*. Схема, изображенная на фиг. 959 лучше всего поясняет все вышесказанное.

Второй заслуживающий внимания источник получения отработавшего уже масла и заключавшегося в мятном паре машины. Если в трубопровод для отвода мятного

пара мы включим такой же паросушитель, какой ставится у трубы, подводящей острый пар, то в этом приборе из пара выделится большая часть масла, которую легко будет собрать. Для этого необходимо только, как показано на фиг. 960, сообщить паросушитель с сифоном; тогда в этом последнем будет скопляться масло, между тем как протекающая вода будет постоянно стекать.

Полезно делать трубу, в которой собирается масло, довольно широкой (по крайней мере в 100 мм диаметром) для того, чтобы масло имело время выделиться из воды. Масло от времени до времени выпускают краником *h*. Этот краник должен быть поставлен несколько ниже уровня масла в сифоне. Положение его легко определить, зная положение отверстия для стока воды *v* и давление пара в *d*. Если, например, давление пара в $d = 1/20$ ат (сверх атмосферного давления), то $x = 1/20 \cdot 10 = 0,500$ м. При этом отверстие *v* должно всегда находиться несколько ниже места входа сифона в d_1 .



Фиг. 961.

Если, наконец, имеется возможность собрать в виде конденсационной воды весь мятый пар после того, как он сослужил свою службу, как нагреватель, то тем значительно будет экономия в расходах на свежее цилиндрическое масло. В этом случае необходимо лишь собрать всю воду, как и в первом случае, в сосуд с перегородками, для того, чтобы задержать все содержащееся в ней масло.

Даже при машинах с конденсацией, мы считаем бесполезным выделить масло из мятного пара, прежде чем последний попадает в холодильник, разумеется лишь в том случае, если этому не мешает слишком незначительная длина соответственного трубопровода. Все устройство может быть выполнено по схеме, представленной на фиг. 961; когда желают спустить масло, то необходимо сначала закрыть кран *a* и повернуть на 90° трехходовой кран *b*. После этого уже через кран *c* спускают сначала имеющееся внизу некоторое количество воды, а затем масло. После перестановки всех этих трех кранов прибор может продолжать действовать.

Выделение масла из воды самого конденсатора мы считаем выполнимым лишь в очень редких случаях, так как здесь, во-первых, количество масла очень незначительно по сравнению с количеством воды и, во-вторых, вода находится здесь в слишком подвижном состоянии, чтобы она могла выделить из себя, как следует, масло. Некоторую надежду на успех можно иметь лишь там, где вода движется с незначительной скоростью, но так как для этого нужны очень большие площади поперечного сечения или поверхности, то слой масла на поверхности воды будет очень тонкий и снимать его будет довольно трудно.

Чтобы подтвердить целесообразность описанного устройства, укажем, на какую экономию в масле можно рассчитывать, пользуясь такими приспособлениями.

На основании данных опыта, из каждых 100 кг масла, подведенного к цилиндрам, можно опять получить из конденсационной воды:

При устройстве, показанном на фиг. 959 (конденсационные горшки), 21 кг.

При устройстве, показанном на фиг. 960 (мятый пар), 28 кг.

На основании этих данных всякий может подсчитать для себя, окупится ли ему такое устройство или нет.

Конечно, самая большая экономия достигается там, где на машины расходуется много масла.

Для двигателей внутреннего сгорания средний расход масла на эффективную силу в час составляет:

Силы двигателя	— 3—5—10—15—20—25—50—100—500—1000
Грамм	— 10—8—7—6—5—4—3—2—1,6—1,3

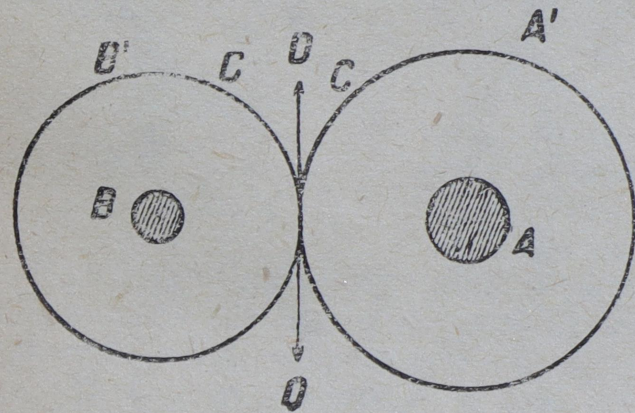
ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

Определение эффективной мощности двигателей.

Общие указания.—Нажим Прони, расчет его деталей и производство испытания.—Ленточный тормоз.—Динамометр Фишингера.—Измерение расхода работы в динамомашине.

Общие указания.

Пусть имеем два вала A и B с насаженными на них двумя шестернями A' и B' (фиг. 962), сцепляющимися между собою, при помощи которых мощность, проявляемая какой-либо движущей силой (мускулами, водой, ветром, паром, газом или электричеством) на валу A , передается



Фиг. 962.

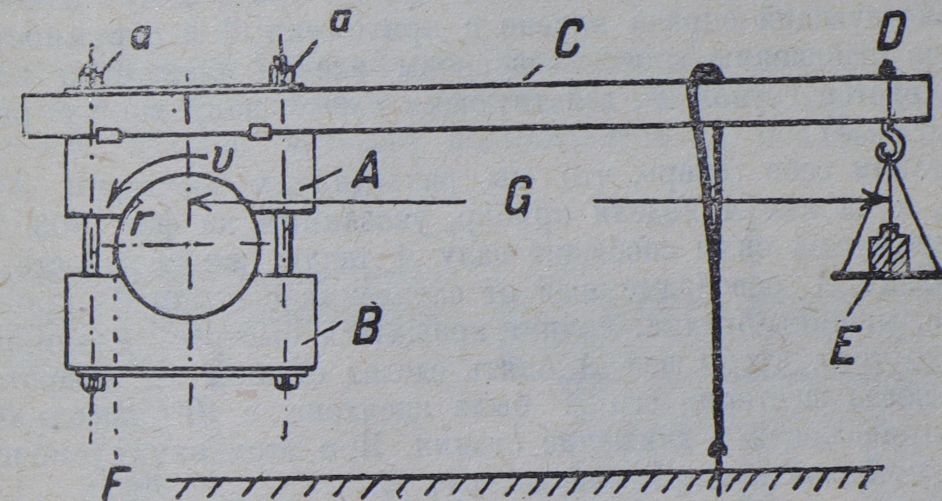
валу B , приводящему в движение некоторые машины-орудия данного производства. Таким образом, вал A может быть рассматриваем, как ведущий, коренной вал машины, а B —как ведомый, как передаточный вал. Шестерни, как известно, соприкасаются друг к другу по известной части поверхности трех зубцов. Равнодействующее давление на эти поверхности будет некоторая давящая сила D в геометрическом месте соприкосновения начальных окружностей шестерен. Эта равнодействующая D для вала B есть сила, приводящая его в движение, а для вала A сила, оказывающая сопротивление его движению. Эту силу сопротивления D можно бы уподобить некоторому грузу D , привязанному к нити, навитой на окружности шестерни A , и поднимающемуся, при вращении шестерни с известною скоростью, соответствующей окружной скорости шестерни; таким образом, мощность L , проявляемая на валу A , расходуется (работа поглощается) на подъеме груза D с известною скоростью c , т.е. $L = Dc$ килограмметров.

Зная диаметр или радиус шестерни, по окружности которой навита нить, зная число ее оборотов, можно определить c по формуле $c = \frac{2\pi rn}{60} =$ скорости передвижения груза. Значит, определив еще груз D , мы опреде-

лим число килограмметров, расходуемых валом A для подъема этого груза с данной скоростью c и, взяв отношение $\frac{Dc}{75}$, получим, сколько лошадиных сил расходуется валом A для подъема этого груза.

Так как этот груз есть сила, приводящая вал B — передаточный — в движение, то мы можем знать, сколько мощности расходуется источником, обладающим движущей силой, для приведения в движение главного передаточного вала B , приводящего в движение все машины-механизмы предприятия.

Значит, если мы шестерню B' обовьем нитью, веревкою, к одному концу которой привяжем груз D , и заметим скорость опускания груза или, что то же окружную скорость шестерни, которая, т. е. окружная скорость, при выбираемом D должна будет иметь такую же величину, какую она имела раньше, будучи сцеплена с шестерню A' и которую шестерня



Фиг. 963.

A' приводила в движение,—то мы можем, зная D и c , легко определить, сколько действительных сил тратится на приведение вала B в движение.

Но легко усмотреть, что все это приспособление для измерения мощности вала A довольно примитивно; если мы можем легко определить мощность вала A , то, с другой стороны, чтобы легко определить данное необходимое нам c , нужно иметь возможность легко разнообразить груз D , а в данном приспособлении это далеко не удобно и не легко, да и самая его величина должна быть довольно значительна, а для практических целей следовало бы иметь более подходящее приспособление. Обратим внимание на следующее видоизменение вышеуказанного прибора. Возьмем две тормозные колодки A и B и укрепим их на длинном рычаге C , как показано на фиг. 963. Наденем их на вал и расположим весь прибор горизонтально, у равновесия в вес самого рычага; как уровновесить рычаг—покажет дальнейшее; будем теперь постепенно подвинчивать гайки aa . Тогда между валом и тормозными колодками возбу-

дится трение, и весь прибор мог бы быть увлечен во вращение с валом; но стоит привесить к длинной части C прибора в точке привеса D некоторый груз E и мы увидим, что при известном E можно достигнуть того, что, при слегка нажатых колодках, рычаг опять будет в горизонтальном положении.

Подтянем еще сильнее гайки aa , т.-е. возбуждем еще большее трение между колодками и валом; мы увидим тогда, что вал делает уже меньшее число оборотов, но весь прибор опять вовлекается во вращение с валом.

Чтобы рычаг опять был в горизонтальном положении, придется в точке D к имеющемуся уже грузу E прибавить еще новый груз E_1 .

Если мы опять нажмем гайки, то снова число оборотов вала уменьшится и опять для того, чтобы рычаг C остался в горизонтальном положении, придется прибавить новый груз E_2 и т. д.

Что поясняет нам это приспособление?

Оно ясно указывает нам, что сила трения — это как бы некоторый груз F , действующий справа налево и приложенный в окружности вала, имеющий по отношению к оси вала своим плечом радиус r ; эта сила уравнивается грузом E , действующим слева направо на рычаг C , так что $EC = Fr$.

Представим себе теперь, что мы разъединили шестерни A' и B' (фиг. 962), и на вал A надели прибор, указанный на фиг. 963. Так как источник движущей силы сообщает валу A такую же мощность, что и раньше, то вал A , освобожденный от сцепления с валом B , приводящим в движение, машины-орудия, начнет вращаться быстрее. Будем подтягивать тяги до того, чтобы вал A опять сделал столько же оборотов, как и раньше, когда шестерня его A' была сцеплена с B' насаженной на валу B и приводящей в движение станки. При этом неминуемо придется к точке D приложить какой-нибудь груз E .

Мы имеем логическое право утверждать, что в данном случае мощность, идущая к валу A , расходовалась, так сказать, на подъем силы трения, а силу трения можем рассматривать, как некоторый груз F , привязанный к нити, перекинутой через вал и навивающейся на него со скоростью v .

Раньше мощность вала расходовалась на подъем груза D валом A со скоростью c ; теперь эта мощность расходуется на подъем силы трения F , с скоростью v , где

$$v = \frac{2\pi rn}{60},$$

так что $C = Fv$; но из того, что Fr уравнивается силою GE , т.-е. $GE = Fr$, имеем

$$F \text{ (сила трения)} = \frac{GE}{r};$$

следовательно

$$C = \frac{GE}{r} v = \frac{GE}{r} \cdot \frac{2\pi rn}{60} = \frac{2\pi rn}{60} = 0,1047 nGE,$$

а в лошадиных силах

$$N = \frac{0,1047}{75} nGE = \frac{nGE}{716,6} = 0,001396 GE n.$$

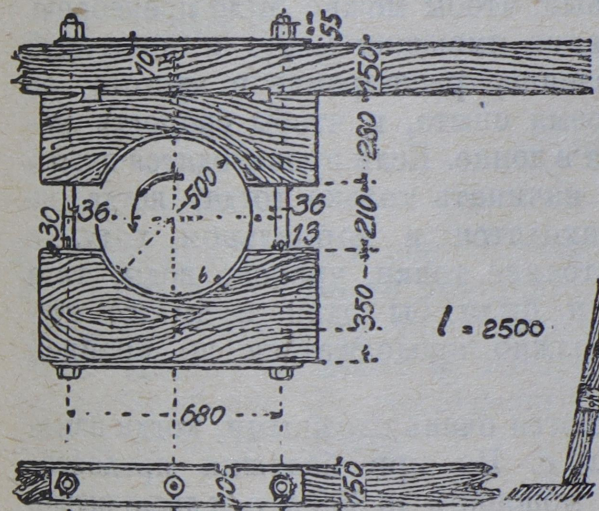
Так, если $n = 100$, $G = 2,5$ м, $E = 40$ кг, тогда $N = 13,96$ эфф. силам.

Таким образом помощью этого прибора, известного под названием нажима, тормоза и динамометра Прони, мы достигли того, что мощность двигателя, которую можно измерить, уравнивали (поглотили) трением деревянных подушек по валу, и затем определили это трение.

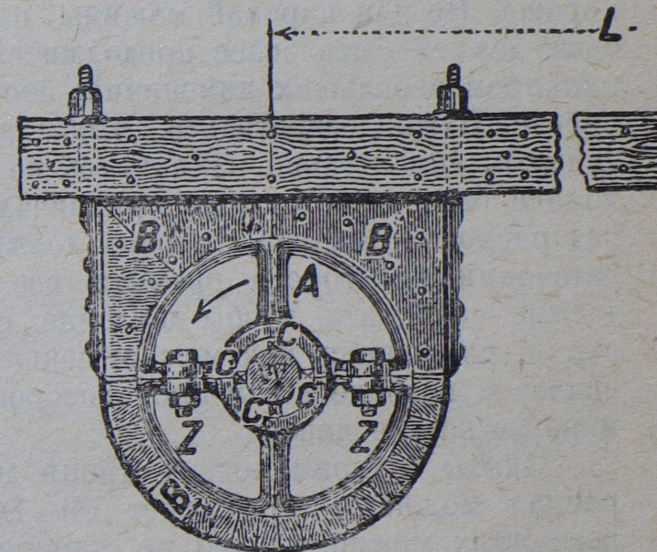
В данном случае мы приложили подушки прямо на обточенную часть вала, как и делают, если приходится измерять небольшие мощности.

Нажим Прони, расчет его деталей и производство испытаний.

При определении больших сил, развиваемых машиной, динамометр ставится на шкив при машине (фиг. 964), либо на специальный свертный шкив, который насаживается на испытываемые валы (фиг. 965).



Фиг. 964.



Фиг. 965.

Деревянные подушки, тормозные колодки, заменяются иногда гибкой стальной лентой, снабженной деревянными брусками. Применяется также веревочный тормоз (см. дальше).

Опыт с динамометром производится следующим образом.

Производство опыта. Когда динамометру установлен и нагружен весом E , постепенно и осторожно приводят машину в движение; все аппараты и приводы в это время отцепляются, болты мало-по-малу отжимают и увеличивают или уменьшают вес груза E до тех пор, пока динамометр будет в равновесии, а двигатель получит свою нормальную скорость.

Во время производства опыта заставляют притекать на трущиеся поверхности струю воды, содержащую в растворе около 10% жидкого мыла (для хорошего раствора нужно избегать известковой воды). Употребляют также масло, сало жир и пр.; но следует избегать перемены смазки во время опыта, если только оно не производит нормального трения, когда нажим заедает вследствие недостатка воды, ибо тогда нарушается равновесие. Весьма важно для регулирования хода, чтобы температура динамометра была постоянная.

Примечание. Несмотря на искусство машиниста и экспериментатора, давление пара или газа, а также трение более или менее изменяются во время опыта. Тогда нужно снова восстановить равновесие при нормальной скорости, зажимая или ослабляя динамометр и изменяя вес груза E (фиг. 963). Таким образом, получают новую работу двигателя для нового периода. Среднее число из всех этих опытов дает среднюю работу машины. Если число n оборотов в минуту не велико, то его считают прямо при помощи секундных часов; но лучше употреблять специальный счетчик (ручной или соединенный с машиною).

Для водяного двигателя 10 минут опыта достаточно, если все идет хорошо. Но для паровой машины или двигателя внутреннего сгорания опыт должен быть более продолжительный, чтобы можно было пренебречь влиянием небольших изменений, постоянно имеющих место в движущей работе. Нужно озаботиться, чтобы давление, расширение и пустота не слишком значительно изменились во время опыта, и чтобы скорость маховика была одна и та же при начале и в конце. Если производятся опыты над расходом топлива, то опыт должно начинать только тогда, когда по истечении некоторого времени все находится в нормальном ходу, и должно наблюдать, чтобы давление, состояние топки, уровень воды, тяга и т. п. изменялись как можно меньше и были бы одни и те же при начале и в конце испытания, которое должно продолжаться по крайней мере несколько часов.

Опыты с динамометром Прони делаются очень сложными, когда измеряемая мощность превышает 60—80 л. с. Но при больших предосторожностях можно, однако же, измерять мощность до 350 л. с. и даже выше.

Покажем еще, как определить размеры главных частей динамометра.

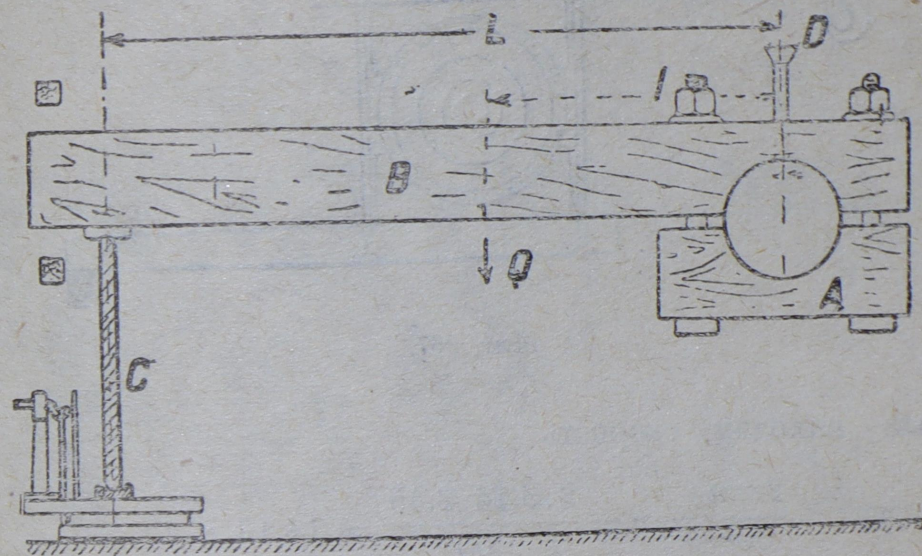
Прежде чем устроить динамометр, нужно сделать приблизительный расчет всех сил и размеров динамометра, дабы впоследствии не имели места поломки частей, и избежать тех действительных опасностей, какие опыт с динамометром представляет по самому своему характеру.

Для устройства динамометра для данного случая надо уметь рассчитывать

- 1) Величину груза E .
- 2) Длину рычага G .
- 3) Размер шкива.
- 4) Диаметр нажимных болтов.
- 5) Размеры рычага C .

Если же применяется для нажима лента, то надо уметь определить ее ширину и толщину.

Заметим предварительно, что при всех вышеуказанных расчетах мы предполагали вес рычага динамометра уравновешенным и в величину E прибавляемый к чашке весов вес рычага не входил. Прямым взвешиванием вес Q рычага B можно определить так: подвешивают динамометр на круглом или угловом бруске C , помещенном в плоскости оси, а свободный конец рычага подвешивают или упирают к чашке весов (к платформе на фиг. 966), которые и дают непосредственно вес рычага, который



Фиг. 966.

и нужно прибавить к весу E , чтобы получить действительную величину E , входящую в раньше выведенную формулу.

Если динамометр не уравновешен, как выяснили относительно оси, то определяют давление Q , которое производит на конце рычага L его собственный вес Q^1 , приложенный в центре тяжести и на расстоянии l от оси. Т.-е. определяют

$$QL = Q^1 l.$$

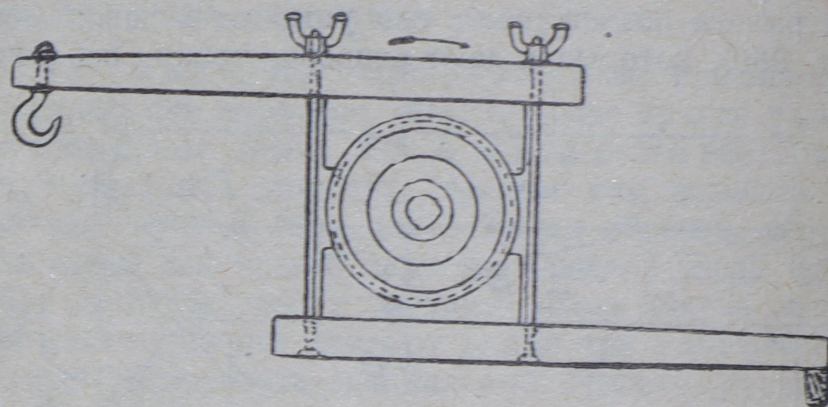
Сделав это предварительное замечание, покажем, как рассчитать отдельные детали динамометра. Прежде всего определим величину груза E .

Так как заранее известна приблизительная величина работы N в лошадиных силах, то в килограммах сила на окружность тормозного шкива будет $P = \frac{75N}{v}$; теперь задаются по ситуационным условиям длиною L .

1) Величина груза E и 2) и длина рычага L . Так как заранее известна приблизительная величина работы N , то задаются, по соображению, длиною L рычага или величиною груза E и по одной из двух определяют другую. Результат покажет можно ли удержать принятые величины, не длинней ли рычаг, или не велик ли выходит груз.

Если задаются длиной рычага, то вычисляют скорость V на конце рычага; частное от деления работы P на эту скорость будет равно грузу E .

Пример I. Пусть наибольшая работа $P = 1200$ кг (или $N = 1200 : 75 = 16$ пар. лош.) передается валом при 45 об/мин. Если дадим рычагу длину $L = 3$ м, каков будет груз E , который надо будет наложить на платформу?



Фиг. 967.

Сначала находим скорость

$$\frac{2\pi r n}{60} = v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 45}{60} = 14,13 \text{ м,}$$

а потом имеем груз $E v = L$ и $C \frac{L}{v} = \text{т.е.} = 1200 : 14,13$ и $E = 84,89$ кг.

Следовательно, надо иметь в распоряжении груз весом в 85 кг, коему должен сопротивляться рычаг динамометра.

Если, наоборот, зададимся весом или, по крайней мере, крайними его пределами, то нужно сделать обратное действие, чтобы найти длину рычага L .

Пример II. При тех самых заданиях предположим, что мы можем располагать только грузом в 60 кг. Тогда найдем для скорости на конце рычага $v = 1200 : 60 = 20$ м, но $v = 2\pi r n : 60$, и отсюда для искомой длины рычага $l = 60 v : 2\pi = 60 \cdot 20 : 2 \cdot 3,1416 \cdot 45 = 4,24$ м.

3) Размеры шкива. Диаметр шкива должен быть сколько возможно больше; он должен увеличиваться с N и уменьшаться с n . Чтобы получить хорошее действие, т.е. не чрезмерно большое трение, давление подушек не должно превышать 10 кг на 1 см². Ширина шкива изменяется от 100 до 200 мм обратно пропорционально диаметру; коэффициент трения (дерево по чугуну) $f = 0,18$. При этих условиях получим первую приближительную величину наименьшего диаметра шкива по формуле

$$D = \sqrt{N : n}.$$

С другой стороны, температура, проявляющаяся от трения, не должна превышать 70°, максимум 80°, иначе образуются облака пара, которые затрудняют наблюдения экспериментатора; для этого нужно, чтобы работа этого трения не превышала 18 000 до 20 000 килограммометров на квадрат. Эти цифры можно превышать, если охлаждать обод шкива обильною струею холодной воды: трубка D (фиг. 966) должна быть в состоянии приводить 1 л в сек. и на 1 м² трущихся поверхностей.

Пример I. Для $N = 100$, $n = 50$ формула дает

$$D = \sqrt{100 : 50} = \sqrt{2} = 1,414 \text{ м или } 1,4 \text{ м.}$$

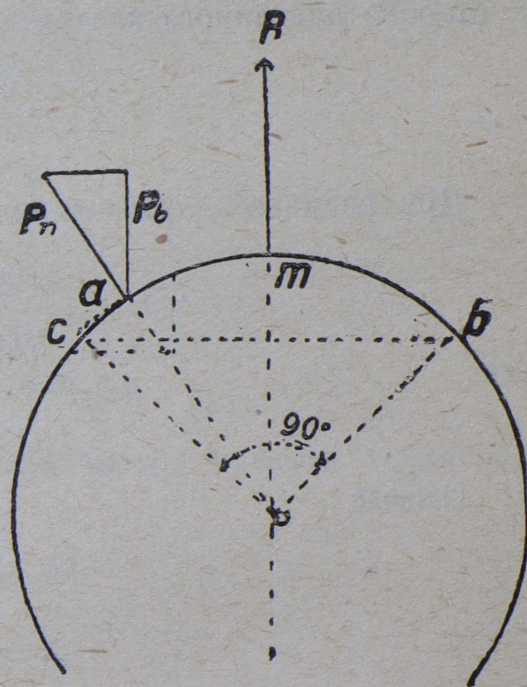
Предположим, что нажим можно построить из цельных брусков и что ширина подушек его = 200 мм, так что брус обнимает половину окружности. В этом случае трущаяся поверхность — $\pi \cdot 0,7 \cdot 0,2 = 0,44$ кв. м². Откуда работа на м² $75 \cdot 100 : 0,44 = 16140$ кгм. Следовательно, мы имеем хорошие условия. — Рекомендуются диаметр $2R$ тормозного шкива делать = 5 до 6 диаметрам вала: ширину тормозного шкива делать = 1,5 диаметра вала.

При этих размерах не происходит сколько-нибудь заметного нагревания трущихся поверхностей, к которым, впрочем, нужно постоянно подводить мыльную воду.

4) Размеры болтов. При зажимании болтов являются на каждый сегмент обода тормозного шкива сегментарные давления P_n (фиг. 968), которые дают трение $f P_n$, где $f = 0,18$ для дерева по чугуну.

Сумму этих сил трения обыкновенно принимают равной двойному усилию по окружности тормозного шкива. Так как усилие это в килограммах равно $\frac{75N}{v}$, то получим $\frac{60 \cdot 75 \cdot N}{2\pi r n}$ и для одной верхней, например, подушки следует его принять равной $\frac{30 \cdot 75N}{2\pi r n}$, и, следовательно, сумма нормальных давлений $f P_n = \frac{30 \cdot 75N}{2\pi r n}$ и $P_n = \frac{30 \cdot 75N}{1,8 \cdot 2 \cdot \pi r n} = \frac{200N}{r n}$.

Вертикальную равнодействующую Pb этих сил нормальных давлений p_n по дуге amb легко определить из следующих соображений:



Фиг. 968.

Проектируя сегмент дуги на хорду cb , получим величину этой проекции $= c$. Из подобия этих двух треугольников получаем:

$$\frac{p_n}{a} = \frac{P_b}{c}$$

или

$$p_n c = P_b a$$

или

$$P_b = \frac{p_n c}{a}$$

и сумма P_n = равнодействующей $R = \frac{c}{a} \cdot$ сумму $P_n = \frac{c}{a} \cdot \frac{200N}{rn}$; если

дуга $amb = 90^\circ$, то ее длина $\frac{\pi D}{4} = 0,785D$; хорда cb в этом случае = стороне описанного квадрата и будет $0,707D$; тогда сумма

$$P_b = \frac{0,707 \cdot 200N}{0,785rn} = R.$$

При равновесии рычага имеем

$$Q + Q_1 = R$$

$$l(Q - Q_1) = Pr$$

или

$$Q - Q_1 = \frac{Pr}{l}$$

Отсюда

$$Q = 0,5(R + \frac{Pr}{l})$$

$$Q_1 = 0,5(R - \frac{Pr}{l})$$

Вставив в эти выражения вместо

$$R = \frac{0,707 \cdot 200N}{0,785 \cdot rn},$$

а вместо

$$P = \frac{60 \cdot 75 \cdot N}{2\pi rn}$$

получим для

$$Q = 180 \frac{N}{n} \left\{ \frac{5}{r} + \frac{1}{l} \right\}$$

$$Q_1 = 180 \frac{N}{n} \left\{ \frac{6}{r} - \frac{1}{l} \right\}.$$

Тогда для предыдущего примера, если l , напр., $= 0,75$ м, найдем

$$Q = 180 \frac{N}{n} \left\{ \frac{5}{0,7} + \frac{1}{0,7} \right\}$$

или

$$Q = 180 \cdot 2 \left\{ \frac{5}{0,7} + \frac{1}{0,75} \right\} = 2051 \text{ кг.}$$

Допуская нагрузку в 6 кг на 1 мм^2 , болта его сечения будут $\frac{2051}{6} = 508 \text{ мм}^2$ или

$$0,785d^2 = 508$$

$$\text{и } d = 25 \text{ мм,}$$

где d — стержень болта.

5) Размеры рычага. Так как P мы уже выше определили, то у болта сечение рычага будет:

$$P(L - l_1) = R \frac{ab^2}{6},$$

где $R = 6000000$ для дерева на кв. метр.

Для вышеприведенного примера имеем $L = 36 \text{ м}$, $l = 0,75 \text{ м}$
 $P \sim 400 \text{ кг}$ и

$$b^2 = \frac{6 \cdot 400 \cdot 2,85}{6000000 \cdot 0,2} = 0,057$$

$$b = 0,238 \text{ м} = 238 \text{ мм.}$$

Для определения размеров ленты, если бы мы избрали такой тормоз, имеем, приняв вместо

$$P = 2P$$

$$bk\delta = 2P,$$

где $k = 3 \text{ кг}$ на 1 мм^2

$$b = \frac{2P}{3\delta},$$

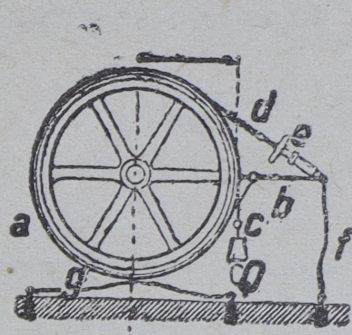
причем P можно выразить и так:

$$P = \frac{1432,4N}{dn}, \text{ где } d \text{ — диаметр тормозного шкива в м.}$$

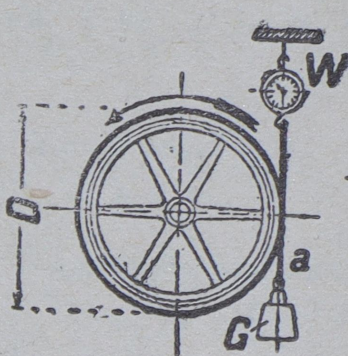
Ленточный тормоз.

Поглощающий (ленточный) тормоз (фиг. 969) имеет своим основанием ту же идею, что и динамометр Прони. В ленточном тормозе радиус диска (маховика, шкива и т. д.), на который накладывается лента, заменяет собою рычаг у динамометра Прони. На фиг. 969 видно схематичное

изображение ленточного тормоза системы Брауера. Лента a перекинута через обод маховика или шкива и при помощи винта e или рычага лента прижимается к ободу маховика. Кроме того, заметим, винт e при помощи особой пружины соединяется с лентой a . C — точка привеса груза, f и g — веревки и т. п., для укрепления прибора. Когда при испытании мы подвесим груз Q , то подвинчиваем винт e до тех пор, пока мы достигнем равновесного положения. Пружина d при этом в известной степени регулирует действие всего прибора.



Фиг. 969.



Фиг. 970.



Фиг. 971.

Натяжение ленты может также быть достигнуто при помощи груза Q (фиг. 970 и 971), отчего вся конструкция тормоза значительно упрощается. Лента a в данном случае может или частью, или кругом обхватить шкив, причем один конец ленты прикрепляется к пружинным весам, а другой конец нагружается грузом Q , пока установится надлежащее число оборотов n .

Ленточные тормоза особенно удобно прикрепляются при опытах с перерывами, когда маховики расположены в ямах и т. п. Ленты иногда бывают составные, так что один и тот же тормоз может быть применен для разных маховиков.

Если мы в формуле тормоза Прони примем l за радиус маховика, то, как мы видели, $N = \frac{\ln Q}{716}$ или $N = KnQ$. Следует заметить, что при ленточных тормозах действительную нагрузку получим, если из показаний пружинных весов вычтем груз Q , и тогда

$N = \frac{\ln(Q - q)}{716}$ л. с. или, вводя вместо радиуса диаметр диска, получим

$$N = \frac{\pi D n (Q - q)}{60 \cdot 75} = \frac{D n (Q - q)}{1433}.$$

Так что постоянное k равно

$$\text{или } k = \frac{D}{1433}, \text{ или } k = \frac{l}{716},$$

Пример I. Диаметр маховика = 3,6 м. Число оборотов $n = 60$. Груз $Q = 185$ кг. Пружинные весы показывают 37 кг.

$$\begin{aligned} \text{Тогда } N &= \frac{3,14 \cdot 3,6 \cdot 60 (185 - 37)}{60 \cdot 75} = \frac{3,6 \cdot 60 \cdot (185 - 37)}{1433} = \\ &= \frac{3,6 \cdot 60 \cdot 148}{1433} \cong 22,3 \text{ л. с.} \end{aligned}$$

Если вместо D возьмем радиус $l = \frac{D}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8$ м,

$$\text{то } N = \frac{1,8 \cdot 60 (185 - 37)}{316} = \frac{1,8 \cdot 60 \cdot 148}{716} = \infty 22,3 \text{ л. с.}$$

Пример II. Пусть $D = 4,3$ мм, $n = 55$, $Q = 420$ кг, $g = 40$ кг

$$k = \frac{4,3}{1433} \cong 0,003.$$

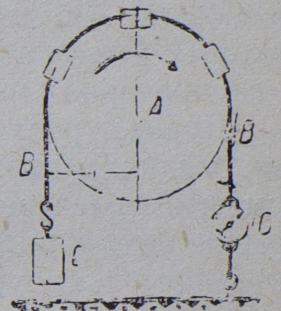
$$N = 0,003 \cdot 55 (420 - 40) = 0,003 \cdot 55 \cdot 380 = 6,27 \text{ л. с.}$$

Способ определения мощности при помощи веревочного тормоза состоит в следующем.

На фиг. 972 показано схематическое устройство этого приспособления. Здесь A — маховик двигателя; B — канат (веревка), к более натянутому концу которого подвешивается груз C , а к менее натянутому — динамометр или безмен D , укрепленный к полу. Груз C располагается таким образом, что при вращении маховика — последний стремится поднять его.

Если $(C - c)$ выражает разность в килограммах между грузом и показанием безмена, R и r — радиусы маховика или шкива и каната в метрах и n — число оборотов двигателя в минутах, то действительная мощность двигателя определится по следующей формуле

$$N = \frac{(C - c) \cdot 2\pi (R + r) n}{75 \cdot 60} \text{ д. л. с.}$$



Фиг. 972.

Канат или веревка обычно накладываются на маховик в два ряда, а для того, чтобы они держались постоянно на некотором расстоянии один от другого и не сползали с обода, к ним нужно прикреплять деревянные колодки с закраинами, как это видно из фиг. 972.

Как и в случае с ленточным тормозом — при веревочном нужно охлаждать обод маховика водой, в противном случае при сильном нагревании его может получиться обрыв спиц.

При определении эффективной мощности машины-двигателя электрическим способом, если двигатель работает на динамо, необходимо знать напряжение тока или вольтаж v по вольтметру, силу тока (ампераж) A по амперметру и коэффициент полезного действия динамо η .

Тогда действительная мощность двигателя определится по следующей формуле:

$$N_e = \frac{v \cdot A}{736 \cdot \eta} \text{ л. с.}$$

Если же динамо приводится в движение при помощи ременной передачи, то необходимо ввести коэффициент полезного действия η_r передачи и тогда получим ту же формулу в следующем виде:

$$N_e = \frac{v \cdot A}{736 \cdot \eta \cdot \eta_r} \text{ л. с.}$$

Обычно η можно принимать $= 0,95$, а $\eta_r = 0,93 - 0,95$.

Динамометр Фишингера.

Потребность в точном измерении механической работы, расходуемой машиной-двигателем или необходимой машине-орудию, сильно увеличилась, благодаря современному машиностроению и электротехнике. Почти все известные приборы для измерения механической работы появились в последние 30—35 лет; то же самое можно сказать и о динамометре Фишингера, который был опатентован в 1898 г. и получил всеобщее распространение в лабораториях высших технических училищ и на многих заводах.

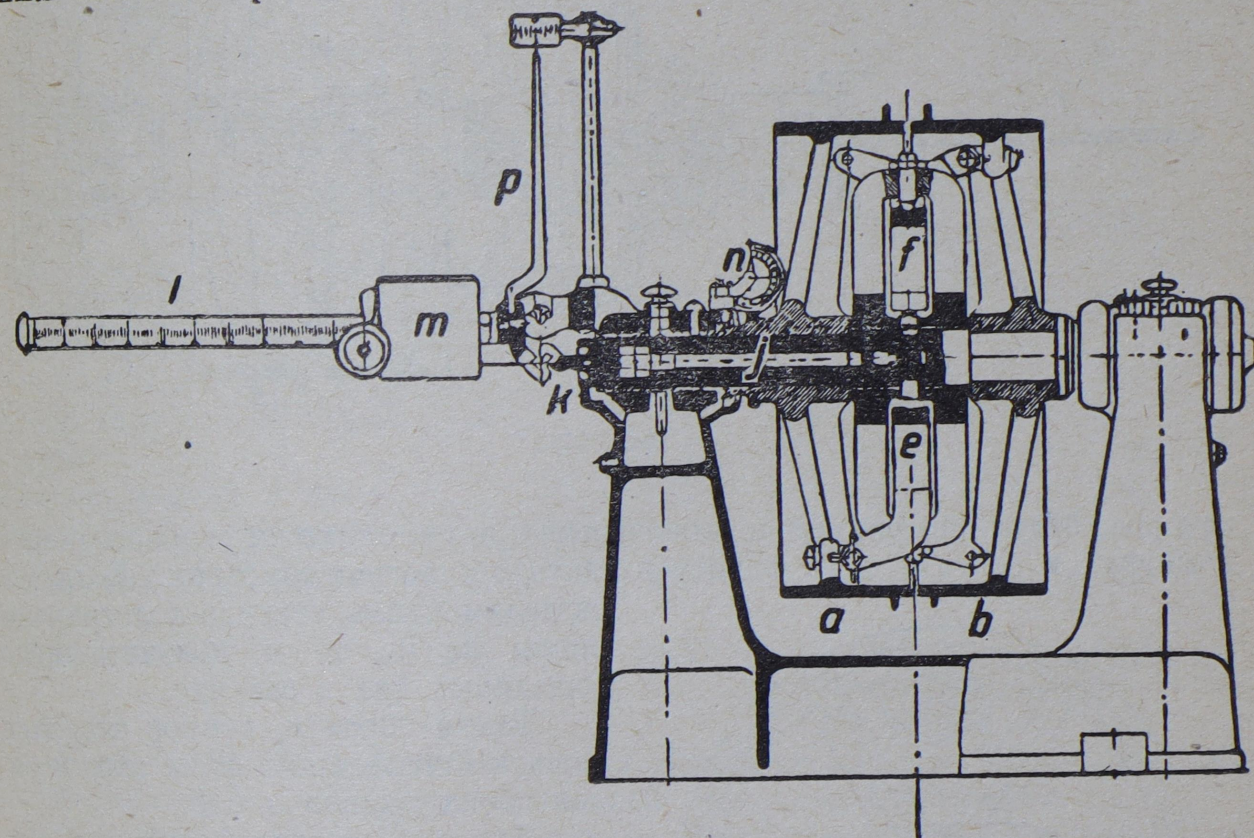
Правда, расход работы машиной-орудием можно определить, например, индизированием приводящей ее в действие машины-двигателя; или помощью электромотора с проверенным для различных степеней нагрузки коэффициентом полезного его действия; но такой метод дает удовлетворительные результаты лишь в руках опытного экспериментатора.

Если, однако, вопрос идет не об измерении расхода работы в машине-орудии, но об определении работы паровой машины, турбины, двигателя внутреннего сгорания или электромотора, то можно для этого пользоваться вышеописанным динамометром Прони; но каждый, кому приходилось иметь дело с этим прибором, знают, как умело следует обращаться с ним для того, чтобы получить удовлетворительный результат, в особенности если вопрос идет об измерении значительных мощностей.

Если желательно в подобных случаях применить динамометр Фишингера, то, чтобы не пользоваться тормозом, необходимо иметь еще какую-либо машину, расходующую мощность, как, например, динамомашину, центробежный насос или какой-либо из известных центробежных насосов, в которых, в противоположность тормозу, можно установить плавный, равномерный расход мощности.

Измерение механической работы помощью динамометра, в виду большого удобства пользования этим прибором и надежности даваемых им результатов, следует предпочитать почти во всех случаях всем другим методам.

Описываемый здесь динамометр не связан с каким-либо определенным числом оборотов; его можно почти всегда установить без особых за-



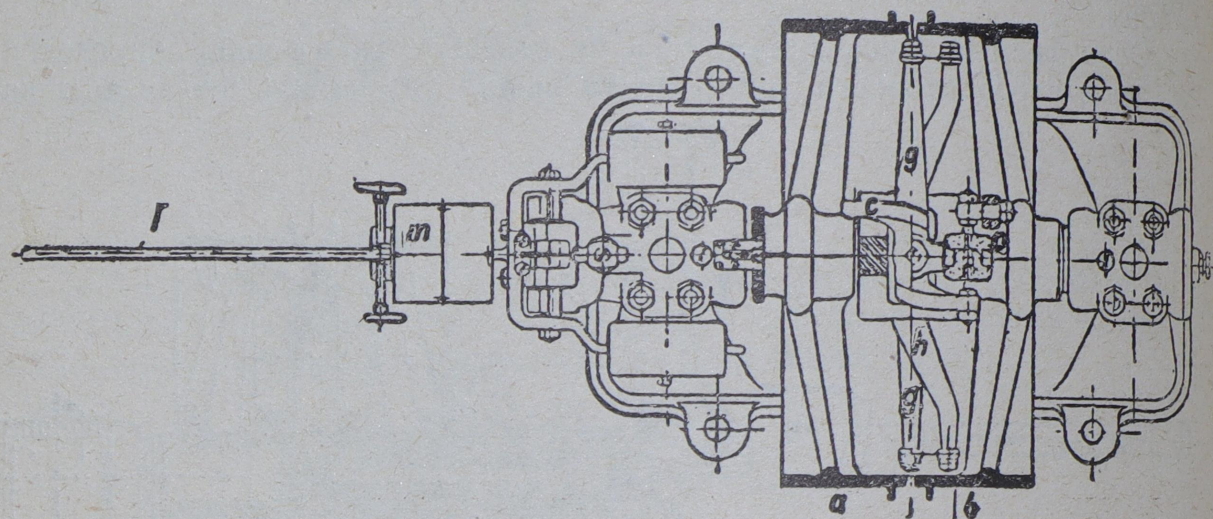
Фиг. 973.

труднений на двух балках между данной рабочей машиной-орудием (динамомашина, токарный станок, вентилятор, молотилка, строгальный станок, мельница и т. д.) и трансмиссией; остается лишь поставить соответствующие ремни и приступить к измерению работы.

Современный динамометр Фишингера отличается от первоначальной модели лишь изменением некоторых деталей (фиг. 973). Весьма простой, проверенный и теоретически-правильный принцип, гарантирующий независимость измерения от окружной скорости и обеспечивающий динамометру необыкновенно широкую область применения, положен в основу и нового динамометра.

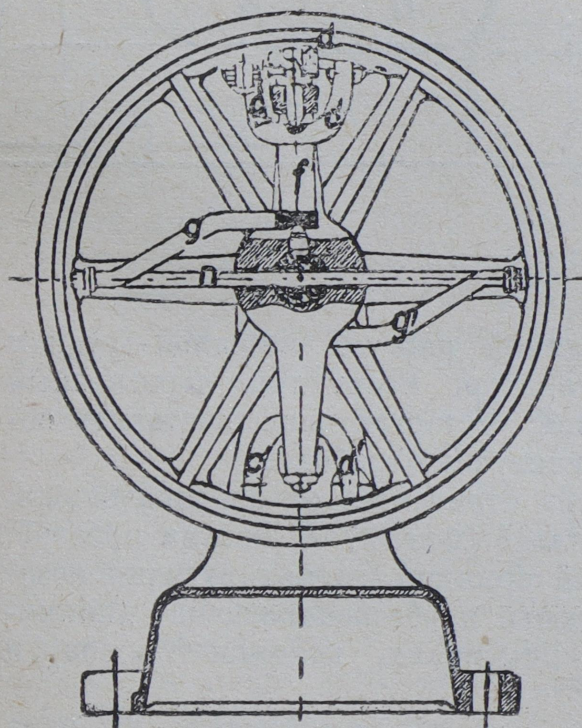
Принцип построения динамометра вкратце следующий: на один из двух шкивов a и b (фиг. 973) надевается ремень, идущий от главного вала, на другой же шкив—ремень, идущий к машине, расходующей работу, количество которой требуется определить. Таким образом, динамометр работает как промежуточный привод, и может быть легко всюду устанавливаем. Во время работы машин приводные ремни будут стре-

миться повернуть оба шкива динамометра друг относительно друга. Но это скручивание есть не что иное, как результат натягивания ремня,



Фиг. 974.

которое, будучи выражено в килограммах и умножено на скорость ремня в метрах в секунду, дает работу в секундо-килограммометрах. Если мы разделим число секундо-килограммометров на 75, то и получим число лошадиных сил в секунду.



Фиг. 975.

Таким образом, вопрос сводится лишь к определению силы скручивания обоих шкивов a и b .

Для этой цели построены два двуплечих рычага cd и $c'd'$ (фиг. 975), соединяющиеся со шкивами помощью соответственно устроенных подвижных промежуточных частей o (фиг. 975), и позволяющие шкивам поворачиваться лишь на небольшую величину относительно своей оси и друг относительно друга.

Таким образом сила, скручивающая шкивы a и b , передается посредством двух упомянутых двуплечих рычагов и их осей e и f (фиг. 974) рычагам g и g' (фиг. 974); концы этих обоих рычагов передают давление поперечине h , а эта последняя помощью тяги i и соединительной

части k (фиг. 973) — коленчатому рычагу l с грузом m (фиг. 973). Отношение между окружным усилием, действующим на оба шкива, и грузом m выбирается так, чтобы груз в крайнем своем положении соответствовал

$\frac{1}{10}$ силы натяжения ремня. Впрочем шкала груза указывает непосредственно натяжение ремня в $кг$ и притом независимо от скорости ремня.

Динамометры изготовляются трех размеров, мощность которых дана в следующей таблице.

Модель №	1	2	3
Наибольшая мощность в лошадиных силах	30	60	90
Наибольшее число оборотов в минуту	606	720	575
Наибольшее натяжение ремня в $кг$	100	200	300
Наибольшая скорость ремня в метрах в сек.	24	24	24
Длина окружности шкивов в метрах	1,5	2	2,5
Ширина шкивов в $мм$	110	220	330
Формула для определения числа	$n \times (k - k')$	$n \times (k - k')$	$n \times (k - k')$
лош. сил	3 000	2 250	1 800
Вес динамометра в $кг$ приблизительно	200	360	700

В вышеприведенной таблице даны максимальные мощности, которые можно получить, когда при наивысшей допускаемой окружной скорости груз занимает самое крайнее положение. Наибольшая окружная скорость, принимая во внимание внутренние конструктивные части, взята в 23 $мм$, причем, разумеется, гарантируется безопасность от действия центробежных сил.

Если желательно помощью большого динамометра измерять только небольшие работы, то необходимо лишь соответственным образом уменьшить число оборотов, чтобы получить большое натяжение ремня при незначительной окружной скорости. Пусть, например, помощью динамометра № 3, построенного для измерения максимальной работы в 90 л. с., требуется измерить количество работы, расходуемой вентилятором, требующим лишь около 0,5 до 1 лошадиных сил. Наибольшее натяжение ремня составляет при этом динамометре 300 $кг$; на основании опытов можно предполагать, что при 0,1 максимального натяжения ремня, т.е. при 30 $кг$ достигается еще точность в пределах $\pm 0,5\%$; таким образом, при измерении расхода мощности в 0,5 л. с. можно принять секундную скорость только в $\frac{0,5 \cdot 75}{30} = 1,25$ м или принять число оборотов в мин. ≈ 30 .

При измерении груз передвигается по шкале настолько, пока стрелка p (фиг. 973), как и при весах, не остановится на нулевом делении. Для определения скоростей ремня имеется счетчик оборотов n

(фиг. 973). Для более легкого определения окружной скорости (или скорости ремня) диаметры шкивов взяты так, чтобы длина их окружности выражалась круглым числом.

При n оборотах в минуту окружная скорость в секунду будет

$$v = \frac{U \times n}{60}.$$

Таким образом, при натяжении ремня k в $м$, отсчитанном по шкале, работа в секундо-лошадиных силах будет:

$$N = \frac{k \times v}{75} \quad N = \text{или} = \frac{k \times v \times n}{75 \cdot 60}, \text{ или для динамометра № 1 с длиной}$$

$$\text{окружности шкива } v = 1,5 \text{ м, } N = \frac{k \times n}{3\,000}.$$

В определенную таким образом работу входит и работа, расходуемая самим динамометром. Чтобы отнять эту последнюю от результата, полученного измерением, заставляют работать от приводного ремня один лишь динамометр; для этого сбрасывают ремень со шкива, идущего с машины-орудия, и определяют снова тем же способом и при том же числе оборотов натяжение ремня. Если мы обозначим натяжение ремня при холостом ходе динамометра через k' , то расход работы в машине выразится формулой:

$$N = \frac{n(k - k')}{3\,000}.$$

Пример. Требуется определить расход работы в шаровой мельнице. Динамометр (№ 1) делает при этом 363 оборота в минуту, при чем $k = 69,3$ кг. Пусть натяжение ремня при холостом ходе будет $= 0,45$ кг; тогда работа, расходуемая шаровой мельницей, будет:

$$N = \frac{363 \times (69,3 - 0,45)}{3\,000} = \frac{363 \times 68,85}{3\,000} = 3,5.$$

Так как натяжение ремня при холостом ходе динамометра зависит от качества масла и окружной скорости, то k' необходимо всякий раз определять до и после опыта.

Направление вращения динамометра совершенно безразлично; необходимо следить лишь за тем, чтобы каждый из двух ремней, соответственно направлению своего натяжения, был надет на тот шкив, который подвергается скручиванию, чтобы груз стремился подниматься.

Измерение расхода работы в динамо-машине.

Число оборотов динамометра	Сила тока в	Напряжение в	Работа в	Окружная скорость динамометра	Напряжение в ремне	Расход работы в лошадиных силах	Трам на лошадиных силах	Коэффициент полезного действия динамометра
В мин.	амп.	вольт.	уатах	м/сек.	кг			%
830	215	65	14	15,1	122	24,6	570	77,5
850	158	68,5	10,8	15,5	96,5	19,9	545	74,0
870	103	70,5	7,25	15,75	71	14,9	488	66,4
875	31	74	2,2	16,1	34,5	7,4	310	42,1
885	0	75	0	16,25	17,5	3,8	0	0
890	0	2,5	0	16,25	6	1,3	0	0
840	245	73	15,5	15,75	141	29,6	525	71,4
855	0	67	0	15,25	14,5	2,95	0	0

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ.

Уход за частями электроосветительной установки.

Нормальная работа динамо-машины.—Причины неправильного действия динамо-машины.—Неисправности в электроосветительной установке.—Неисправности в сети.—Уход за аккумулятором.

Мы ограничимся лишь указанием на наиболее существенное и необходимое, притом в применении к осветительной установке, работающей постоянным током.

Нормальная работа динамо-машины.

Общие замечание — Обыкновенный, повседневный уход за частями осветительной установки включает в себе следующие операции: обслуживание динамо-машин и приводящих их двигателей, а также аккумуляторов (в случае, если последние имеются в установке), во время работы и во время их бездействия; далее, обслуживание распределительной доски во время работы установки и дуговых и калильных ламп во время перерыва в работе. Все эти операции, если только они исполняются ежедневно и вполне добросовестно, чрезвычайно просты и требуют для своего исполнения немного времени и труда; небрежность ухода скоро дает себя почувствовать появлением всякого рода неисправностей, устранить которые тем труднее, чем дольше и систематичнее имело место небрежное, халатное отношение в деле присмотра за установкой. Можно с уверенностью сказать, что в правильно рассчитанной и сконструированной установке при внимательном, добросовестном уходе, сколько-нибудь значительных неисправностей не возникает. Незначительные же неисправности, появляющиеся под влиянием разнообразных причин, о которых будет речь ниже, могут быть устранены, если действовать осмотрительно и энергично, не помощью проб, а по заранее обдуманному плану, или, во всяком случае, сглажены настолько, что во время работы не будет заметно сильных изменений в интенсивности горения ламп, или мигания освещения. Можно сказать, что в этом-то и состоит главное правило, которым должен руководствоваться обслуживающий персонал во время работы установки, т.-е. в то время, когда происходит

отдача тока. Оставляя в стороне возможность появления значительных неисправностей, ведущих к мгновенной остановке освещения, необходимо главным образом стремиться к тому, чтобы избежать вышеуказанных колебаний в интенсивности горения. Весьма часто при умелом уходе, в случае появления небольшой неисправности, можно продолжать работу без вреда для установки, не подвергая освещаемые пространства неприятностям мигания света, а еще хуже того — полного прекращения освещения; замеченные неисправности могут быть легко устранены во время ближайшего перерыва.

Что касается правил ухода за двигателями, приводящими в действие динамо-машины, как-то: двигателями внутреннего сгорания, паровыми машинами с их котлами, турбинами и проч., то они ничем не отличаются от общих уже излагавшихся правил ухода за подобного рода механизмами. Прибавим лишь, что в данном случае особенное внимание нужно обращать на то, чтобы предупредить возможность колебаний в скорости движения, как временных, так и постоянных, периодически повторяющихся, так как подобные колебания вредно отзываются на равномерности освещения; поэтому-то следует особенно тщательно следить за тем, чтобы регулятор двигателей был верно установлен и правильно функционировал; чтобы при пользовании паровыми двигателями давление в котле поддерживалось на достаточной высоте, а двигатели внутреннего сгорания достаточно часто очищались, выпускные клапаны их плотно закрывались и проч.

В следующем изложении мы коснемся правил ухода лишь за электрическими механизмами установки, служащими для производства тока, его распределения и расходования.

Уход за динамо-машинами. — Динамо-машины суть в высшей степени простые механизмы, так как они имеют лишь одну подвижную часть, а именно — вращающийся якорь. Соответственно этому и обслуживание их не представляет особенных затруднений. Основная операция этого обслуживания состоит в поддержании абсолютной чистоты всех частей.

Чаще всего приходится сметать пыль; в особенности важна тщательная ежедневная очистка коллектора от осаждающейся на нем металлической пыли, образующейся от истирания щеток; эта же пыль легко падает и на смежные части машины, в особенности на внутренние грани полюсов электромагнитов, откуда ее следует удалять продуванием помощью маленького меха. Далее, необходимо внимательно наблюдать за состоянием подшипников, предупреждать и устранять чрезмерное нагревание их, весьма возможное при том большом числе оборотов, которое делают обыкновенно динамо-машины. Болты, прикрепляющие крышку к телу подшипника, должны быть умеренно стянуты. Для смазки следует употреблять лишь хорошее минеральное масло, по возможности пуская его в дело один раз. Только в случае, если подшипник имеет склонность к сильному нагреванию, и приток масла, поэтому, должен происходить быстрее, можно, тщательно профильтровав масло, пускать его вторично для смазки подшипника. Хорошо приработавшиеся подшипники едва нагреваются до температуры, при которой к ним еще можно безнаказанно

прикасаться рукой. Опасаться сильного нагревания подшипника можно лишь во вновь установленных машинах; далее, когда, ремни слишком натянуты или в подшипники вставлены новые, не приработавшиеся еще вкладыши, наконец, когда коллектор, под влиянием каких-либо причин, сильно нагрелся. В качестве смазывающего приспособления для динамо-машин можно в особенности рекомендовать подшипники с кольцевой смазкой.

Уход за коллектором.—Коллектор это—Ахиллесова пята, наиболее уязвимое место всякой динамо-машины: поэтому-то уход за ним требует особенной тщательности и добросовестности; при неряшливом отношении соответствующий ответ со стороны машины не заставляет себя ждать, между тем как ежедневный внимательный присмотр за коллектором требует немного времени и труда. Поверхность коллектора должна быть совершенно гладкая и круглая; щетки должны налегать на коллектор лишь со слабым давлением; только при таком условии искрообразование и изнашивание от трения может быть сведено к минимуму. Замечено, что только небольшие машины в общем дают больше искр, чем более крупные, но что некоторые формы машин, в силу ли расположения магнитов, большого числа винтов в отдельных шпильках якоря или нецелесообразной конструкции щеткодержателей, склонны к более сильному искрообразованию, тогда как другие конструкции машин, не обладающие указанными недостатками, совсем не дают искр или во всяком случае мало. От сильного искрообразования отдельные сегменты коллектора, с одной стороны, сильно разъединятся, и поверхность последнего становится шероховатой. Было бы, однако, совершенно неправильно стараться уменьшить искрообразование более сильным нажатием щеток на коллектор. Таким приемом можно добиться лишь временного ослабления искр; зато изнашивание пластинок коллектора и щеток сильно увеличивается и коллектор вследствие этого все более и более теряет форму правильного круглого цилиндра, следствием чего искрообразование все более и более возрастает. Кроме того, вследствие большого трения щеток о поверхность коллектора последний нагревается настолько сильно, что нагрев его передается и близлежащему подшипнику, а в случае барабанообразных якорей,—также части обмотки якоря. Отсюда мы видим, что применением подобного приема не только не удастся прекратить искрообразование, но что можно даже привести коллектор в полную негодность.

Если в динамо-машине при вполне круглой, гладкой поверхности коллектора и правильно установленных щетках появляются все же большие искры, то устранить последние возможно лишь путем тщательного осмотра и очистки коллектора. Прежде всего, если на поверхности последнего замечаются шероховатости, надо их уничтожить отполированием поверхности коллектора при помощи специальной полировальной пасты, наждачного налета или мелкой наждачной бумаги. Для производства этой операции щетки приподымают и заставляют машину вращаться с умеренною скоростью; наждачную бумагу обворачивают вокруг плоской, гладкой деревянной дощечки, дабы полирование производилось по возможности равномерно. Руки, поддерживающие дощечку, опирают о какую-нибудь неподвижную часть машинного корпуса и производят на дощечку

умеренное давление. После отполирования надо убедиться, не засели ли какие-либо отпавшие металлические частицы в промежуточных изолирующих слоях между отдельными сегментами коллектора, и, если таковые окажутся, удалить их продуванием, а затем—при помощи кисти. Весьма редко приходится для удаления более плотно засевших металлических частиц прибегать к помощи острого орудия; во всяком случае пользоваться им надо очень осторожно, стараясь не протыкать изолирующих слоев и не царапать их. Если производить полировку достаточно часто и тщательно, то лишь от очень долгого времени коллектор действительно может потерять свою круглую форму. Но как только это произошло, полировка оказывается сама по себе недостаточной для устранения неисправности, щетки во время полного оборота вала налегают на коллектор с неравномерной силой, начинают прыгать, следствием чего является сильное искрообразование. В таком случае для придания коллектору вновь круглой формы нужно его подточить, причем следует сделать это как можно скорее. Отточка производится при помощи суппорта, закрепляемого на статоре электромагнитов, для чего раз навсегда устанавливают соответствующее подерживающее приспособление. Многие электротехнические заводы при выдаче заказчику изготовленной динамо-машины присоединяют к ней такое приспособление. Во время отточки щеткодержатель удаляют и вал вращают медленно. Если суппорт по каким-либо причинам невозможно установить, приходится вынуть якорь с коллектором из динамо-машины и отослать его в механическую мастерскую для отточки на токарном станке. Само собой разумеется, что стружка при этом должна быть взята возможно тонкой, достаточной лишь для того, чтобы коллектор приобрел вновь круглую форму. После отточки необходимо тщательно очистить промежутки между пластинками коллектора от попавших в них металлических опилок.

В обыкновенных случаях толщина пластинок коллектора настолько значительна (15—20 мм), что даже при существовании вышеописанных неблагоприятных условий, требующих частого отшлифования, а по временам и отточки, коллекторы при умелом обращении могут прослужить несколько лет. Напротив того, при небрежном уходе коллектор по прошествии года может быть приведен в полную негодность. Весьма часто можно видеть коллекторы, поверхность которых не только потеряла круглую форму, но приобрела бугристый или волнистый вид. Подобного рода коллекторы во время работы динамо-машины вызывают столь сильное искрообразование, что, например, темное пространство мастерской ярко освещается искрами, а к самым коллекторам невозможно притронуться без чувствительного обжога руки.

Если динамо-машина работает с весьма незначительным искрообразованием, то поверхность коллектора в очень непродолжительный срок полируется самими щетками, а именно она покрывается вполне гладким, блестящим налетом окиси, предохраняющей пластинки коллектора от дальнейшего разъедания искрами. В этом случае изнашивание весьма незначительно и главным образом приходится на щетки. Можно указать на примеры машин, которые находятся в работе до 10 лет и в которых щетки ни разу не переменились, а коллектор ни разу не подвергался

отточке. Если пластинки коллектора изолированы друг от друга воздухом или слюдой, то для уменьшения трения и, следовательно, изнашивания щеток можно рекомендовать смазывать коллектор чистым минеральным маслом. Если же изоляция впитывает масло (бумага и проч.), то смазку следует производить весьма осторожно, а именно: взять льняную тряпку, чуть-чуть налить на нее масла и слегка проводить ее в направлении оси вала взад и вперед по коллектору во время движения. При новом смазывании коллектор надо сперва на-сухо вытереть сухой тряпкой. Слишком обильное смазывание не должно иметь места, иначе на коллекторе появится слой пыли с маслом, и искрообразование только усилится.

В продаже существуют специальные приспособления для смазки коллекторов, но применение их в большинстве безцельно.

Уход за щетками. Правильная конструкция щеток и умелый уход за ними много способствуют сохранению в исправности пластин коллектора. Прежде всего нужно всегда проверять, в особенности после обрезывания старых щеток или вставления новых, правильно ли они установлены относительно друг друга: так, при двухполюсных машинах расстояние между щетками должно быть равно половине числа сегментов, при четырехполюсном — $\frac{1}{4}$ его, при шестиполюсных — $\frac{1}{6}$ или же $\frac{1}{2} + \frac{1}{6}$. Эту работу полезно облегчить тем, что, отсчитавши раз навсегда, на каких пластинках должны лежать щетки (диаметрально противоположных в случае двухполюсных машин и удаленных на 90° друг от друга — в случае четырехполюсных), сделать керном на каждой паре пластинок соответствующие отметки, устраняющие необходимость в повторном пересчитывании при установке на ново обрезанных старых щеток или новых. Далее, нужно следить за тем, чтобы щетки были правильно установлены относительно магнитного поля, т.-е. по возможности занимали то именно положение, при котором выделение искр наименьшее. Это положение в большинстве случаев определяется заводом, изготовлявшим динамо, и отмечается черточками на щеткодержателе и статоре, причем принимается, что при таком положении щеток машина работает с полной нагрузкой. Если такая отметка не была сделана заводом, необходимо ее произвести на месте. Далее, если заметить еще, на какую длину нужно выдвинуть щетки из зажимающих их тисков, то после удаления щеток и даже щеткодержателя весьма трудно вновь установить эти машинные части в надлежащем положении. Щетки следует от времени до времени немного передвигать по мере того, как поверхности их, соприкасающиеся с коллектором, будут изнашиваться. Простым передвиганием можно, однако, ограничиться лишь в том случае, если скользящие по коллектору поверхности щеток находятся еще в хорошем состоянии. Если же поверхности эти заметно изнашивались, т.-е. обнаружили неравномерное истирание и проч., то надо обрезать концы щеток обыкновенными ножницами, служащими для обрезки железных листов, или подпилить их, зажавши предварительно щетки в железный клупчик, чтобы проволоки при этом не гнулись. При обрезывании ножницами полезно скручивать проволоки так, чтобы образовался винтовой стержень, при этом срезанная поверхность получается более ровной. Острые заусеницы следует удалять.

Вставивши затем щетки обратно в щеткодержатели и передвинув их в надлежащее положение, производят умеренное нажатие их на коллектор; спустя немного времени поверхности щеток притираются, — тогда их направляют вторично. Заметим, что полезно снабжать щеткодержатель по меньшей мере двумя парами, чтобы их можно было по желанию менять и обрезать даже во время хода машины.

Щетки изготавливаются из тонкой медной проволоки, из медных или латунных сит, из тонких медных или латунных пластин. Признать какой-нибудь из этих материалов вообще наилучшим было бы затруднительно. В отдельных случаях пригоден то тот, то другой в зависимости от общей конструкции машин, склонности к искрообразованию, материала и диаметра коллектора и т. п. Заметим лишь, что в последнее время на изготовление щеток больше всего идет медь; щетки состоят из многих слоев тонкого медного сита, соединенных вместе и покрытых общим покровом из сплошного медного листа. Такие щетки весьма распространены; наряду с ними частое применение находят также щетки, составленные из нескольких слоев тонких медных пластин.

При данном положении щеток относительно магнитного поля возможен еще некоторый произвол в способе прилегания их на коллектор: они могут быть направлены либо по касательной к точке соприкосновения, либо несколько круче. В первом случае скользящие по коллектору поверхности щеток оказываются всегда большими, чем во втором, благодаря чему легко может иметь одновременное касание ими двух или более пластин коллектора, что недопустимо; в виду этого приходится часто прибегать к обрезанию концов и каждый раз притом на довольно значительную величину. Если же, наоборот, щетки расположены слишком круто, их часто приходится подправлять, дабы мешать им устанавливаться, по мере изнашивания концов, в направлении радиальном относительно коллектора, так как при последнем положении легко может произойти смешение щеток относительно магнитного поля или изменение степени нажатия. В виду сказанного лучше всего устанавливать щетки в некотором среднем положении, одинаково удаленном от радиального и касательного. При этом наибольшая ширина поверхности соприкосновения щеток с коллектором не должна превышать ширины пластин последнего.

В то время, когда машина не работает, щетки следует приподнять, так как иначе они легко могут погнуться при случайном повороте вала машины в обратную сторону.

Натяжение передаточных ремней. — При передаче динамо-машинам вращения от двигателей при помощи ремней, нужно следить за тем, чтобы натяжение последних не было слишком мало. Скопление слабо натянутых ремней по поверхности шкивов узнается тотчас же по нагреванию шкивов и неравномерным колебанием света. Для подтягивания ремней динамо-машины снабжаются различными приспособлениями: обыкновенно машина при помощи вращения винтов перемещается параллельно самой себе по направляющим салазкам. Когда желают подтянуть ремень, отпускают немного установочные винты, служащие для закрепления машины в определенном месте на направляющих, лишь на-

столько, чтобы машина приобрела возможность перемещаться под действием натягивающих винтов. При вращении последних следует смотреть за тем, чтобы каждый из них был повернут на одно и то же число оборотов; в противном случае вал динамо-машины примет положение не вполне параллельное главному валу трансмиссии: после перемещения машины установочные винты опять подтягивают. Слишком сильного натяжения ремней следует избегать, так как в этом случае близлежащий подшипник очень скоро нагревается. Если же динамо-машина не имеет приспособления для подтягивания ремня, и последний во время работы начинает скользить, то можно рекомендовать посыпать внутреннюю поверхность ведущего конца ремня около шкива порошком из канифоли; однако, в случае значительного ослабления ремня, это средство поможет не надолго: в таком случае лучше остановить машину и укоротить ремень. Новый ремень, даже хорошо вытянутый, обыкновенно приходится укорачивать два—три раза. Укорачивание ремней на значительную длину можно производить смазыванием смесью, состоящей из 1 части канифоли и $1\frac{1}{2}$ до 2 частей талька. Для сохранения ремней, от времени до времени полезно обмывать их теплою водою, высушивать и затем смазывать внутреннюю сторону смесью чистого, проваренного талька с ворванью. Масло для смазывания не годится, так как от него ремни быстро твердеют и делаются ломкими. Наконец, во время покоя машины следует подтягивать расшатавшиеся винты, в особенности те, через посредство которых происходит электрическое соединение. В особенности часто расшатываются винты, которыми провода от шпупов якоря соединяются с коллектором, а потому необходимо их регулярно подтягивать.

Целесообразно покрывать машины на время покоя их чехлом, во избежание засорения пылью и возможных повреждений.

Для лучшего ориентирования при пускании динамо в ход, сделаем следующую сводку.

1. Машина не начинает вращаться, т.-е. полюса не обнаруживают никакого возбуждения.

Причина этого:

а) машина не имеет необходимого числа оборотов.

Средство против этого:

Само собой подразумевается.

Причина:

б) щетки не прилегают правильно к коллектору.

Средство:

Само собой подразумевается.

Причина:

в) магнитная обмотка прервана; при машинах с последовательной обмоткой, замкнутый проводник и по большей части наружный, по которому проходит ток, прерван. Тогда смотрят, находится ли самая машина в порядке, для чего устраивают помощью тонкой железной проволоки короткое замыкание и пускают машину в ход; проволока должна тотчас же накалиться и перегореть.

Вспомогательное средство против этого:

Проверить гальванометром, замкнута ли цепь, по которой должен проходить ток, в случае надобности устроить надлежащее соединение.

Причина:

д) якорь не дает тока, так как магнитные полюсы не обслуживают достаточно остаточного магнетизма. Поэтому перед приемкой всякой машины следует испытать, даст ли она ток при вращении в требуемом направлении.

Вспомогательное средство в данном случае:

Если не имеется магнетизма, то его можно возбудить, пропуская в течение нескольких минут через обмотку ток от нескольких элементов Бунзена; затем восстанавливают соединение магнитов с машиной и пускают последнюю в ход. При машинах с дидриховской обмоткой можно для возбуждения пользоваться током от другой машины такого же или меньшего напряжения. Но если окажется, что полюсы магнита получились обратные раньше назначенным, то эту операцию намагничивания следует опять повторить, но уже с переменными полюсами. Правильность назначения полюсов имеет особенно важное значение там, где имеются дуговые лампы или батарея аккумуляторов.

Определение полюсов легко производится помощью специальных реактивных бумажек; если полоску такой смоченной бумажки привести в соприкосновение одновременно с обоими полюсами, то отрицательный полюс оставит на ней красное пятно.

Бумага, пропитанная подкисленным калием, даст черное пятно от соприкосновения с положительным полюсом.

Причина:

е) обмотка якоря неправильная, что вряд ли может случиться. Однако может иметься какая-нибудь неправильность в соединениях, так что машина не дает полного напряжения, вследствие чего, конечно, и магниты недостаточно намагничиваются. Но такая неисправность быстро обнаруживается по сильному искрообразованию у коллектора.

2. Сильное искрообразование у обеих щеток.

Причина:

а) неправильное соединение в обмотке якоря, о чем было упомянуто выше.

Средство против этого:

Подразумевается само собой.

Причина:

б) щетки установлены неправильно.

Средство для устранения этого недостатка:

Понятно само собой.

Причина:

в) магнитное поле слишком слабо по сравнению с полем якоря, как, например, при перегрузке машины, или часто в машинах, в кото-

рых повышается напряжение, если они при нормальном напряжении вполне нагружены.

Перемещение щеток в этом случае бывает значительное.

Средство для устранения подобной неисправности:

Заставляют машину вращаться медленнее и придают ей такое число оборотов, при котором она дает еще высокое напряжение.

Причина:

d) соприкосновение между щетками и коллектором нарушилось вследствие того, что между ними попали масло, жир или какие-либо другие тела, плохо проводящие электричество.

Средство для устранения этой неисправности:

Тщательно очищают помощью бензина щетки и коллектор; медные щетки кладут в бензин, хорошо промывают их и затем тщательно высушивают в не слишком горячем месте.

Причина:

e) машина вращается очень неравномерно, как, например, на лесопильнях.

Средство против этого:

Включают параллельно еще одну батарею аккумуляторов, которая не должна быть слишком мала.

3. Сильное искрообразование у одной щетки.

Причина этого:

a) цепь, по которой проходит ток, отчасти прервана вследствие: 1) плохого положения щетки, 2) плохого контакта, происходящего от того, что коллектор потерял круглую форму, 3) сильного обгорания поверхности коллектора (в обоих последних случаях усиленное искрообразование замечается у обеих щеток попеременно).

Средство для устранения этой неисправности:

в 1-м случае понятно само собой;

во 2-м и 3-м — необходимо обточить коллектор.

4. Нагрев. Вредный нагрев получается:

1) Во всей машине, так как

a) место, где поставлена машина, имеет слишком высокую температуру.

Средство против этого:

Лучшая вентиляция (в случае надобности — искусственная) данного помещения может много помочь в данном случае.

b) Машина имеет слишком небольшую поверхность, которая бы отдавала теплоту; это имеет место особенно тогда, когда машина совершенно закрыта.

Средство против этого:

Хорошая вентиляция машинного отделения, уменьшение нагрузки машины, охлаждение ее водой, увеличение поверхности машины посредством снабжения ее ребрами.

c) В обмотку проникла сырость; она может получиться, как осадок из воздуха, вследствие резких колебаний температуры.

Средство против этого:

Высушить машину и установить ее в соответственном месте.

2) Нагрев отдельных частей машины:

A) Нагрев подшипников, вызываемый:

1) плохой пригонкой или неправильной установкой вкладышей подшипника;

2) слишком сильным натяжением ремня;

3) неправильным расположением якоря;

4) употреблением плохого, нечистого или слишком густого масла;

5) неисправностью действия смазки.

Средство против этой неисправности:

Подразумевается само собой.

B) Нагрев коллектора.

1) Очень часто случается у машин для сильных токов, что поперечное сечение коллектора взято слишком малое, но гораздо чаще сильное нагревание пластин коллектора, у четырех- и многополюсных машин вызывается так называемыми „паразитными токами“, возникающими при большом числе периодов тока в пластинах и при значительном поперечном сечении пластин. Получающаяся вследствие этого теплота суммируется с теплотой, которую дает ток.

2) В небольших машинах обыкновенно причиной нагревания коллектора бывает то, что между двумя пластинами последнего попадают частицы оловянного припоя или вообще получается короткое замыкание от попавшей какой-либо другой металлической стружки. В этом случае может произойти очень сильный местный нагрев коллектора.

C) Нагрев якоря.

a) Весь якорь, несмотря на весьма слабую нагрузку, сильно греется во время работы машины.

Причина этого:

1) Возникновение сильных „паразитных токов“ в якоре.

Средство против этого:

Устройство нового якоря.

2) Слишком большая работа, затрачиваемая на намагничивание железа.

Причины неправильного

В чем обнаруживается неправильное действие

Причины непра

В чем обнаруживается неправильное действие	Причины непра				
	Неудовлетворительная изоляция				
Машина не дает тока	Неправильные контакты (соединения)	Остаточный магнетизм в магнитах слишком слаб	зажимов	щеткодержателей	катушек
Щетки дают много искр	Неудовлетворительное состояние коллектора	Неправильная установка щеток	Щетки из неудовлетворительного материала	Короткое замыкание тока в якоре или коммутаторе	Неудовлетворительная изоляция какой-либо катушки
Дрожание машины, сопровождаемое шумом	Неправильное положение щеток на коллекторе, откуда и треск	Ременной шов задевает за шкив	Ослабшие болты	Якорь ударяется о полюсы	Якорь или ременной шкив не выбалансированы
Сильное разогревание отдельных частей	Нагревание подшипников		Нагревание		
		Сырость в катушках	Возбудительный ток слишком силен	Сырость в катушках	Короткое замыкание тока в якоре
Якорь не вращается с нормальной скоростью	Якорь задевает за полюсы	Скопление в подшипниках пыли; крышка слишком притянута	Короткое замыкание тока в якоре	Динамомашина слишком нагружена	

действия динамо-машины.

вильного действия

Короткое замыкание тока в			Щетки не прилегают к коллектору		
катушках	коммутаторе	проводах (сети)			
Слабое магнитное поле					
ние якоря		Нагревание подшипников			
Вредные (вихревые) посторонние токи в сердечнике якоря	Ток в якоре слишком силен	Скопление грязи или пыли	Искривление или худая обработка оси	Слишком натянутый ремень	Якорь слишком близок к одному из полюсов

Средство против нагрева в данном случае:

Устройство нового якоря с тонкими, мягкими пластинами.

3) Короткое замыкание между обмоткой якоря и телом его или соединительными проводами.

Вспомогательное средство:

Отделив коллектор от проводов якоря, исследуют изоляцию отдельных катушек относительно тела якоря или соединительных проводов его, заменяют оказавшиеся неисправными новыми катушками и т. д.

б) Якорь обнаруживает сильный нагрев в определенном месте.

Причина этого:

Недостатки в изоляции или разрыв провода.

Средство для устранения этой неисправности:

Нужно перемотать катушку или поправить данное место.

5) Шум при работе машины может быть вызван трением якоря по его окружности о магнитные полюсы.

Как устранить подобную неисправность, вполне очевидно. Следует только уметь отличить тихий шум щеток во время движения машины.

Неисправности в электроосветительной установке.

В виду того важного места, какое занимает электротехника в области общей техники, всякому даже не специалисту-электротехнику необходимо знать, как устранить причины обыкновенных недочетов, имеющих место при работе электрической осветительной установки. Мы посвятим этому отделу техники несколько страниц.

1) Когда подшипник нагрелся до такой температуры, что дальнейшее повышение последней может повлечь за собой „заедание“ нагретых частей, то надо постараться охладить его прежде всего усиленной смазкой, непрерывно подводя к нему достаточное количество свежего масла. Полезно предварительно пропустить через подшипник некоторое количество керосину для удаления приставшей грязи. Если, несмотря на обильную смазку маслом, нагревание продолжается, пробует применить смесь серного цвета с маслом, сильно встряхивая ее перед употреблением. Если и это не помогает, прибегают к последнему средству, а именно: прикладывают куски льда, когда лед можно достать; если же температура не понижается и после этого, то нужно тотчас же остановить динамо-машину; во избежание заедания трущихся, сильно нагретых поверхностей. Само собой разумеется, что заметив нагревание подшипника нельзя ограничиваться применением охлаждающих средств, время действия коих ограничено, а необходимо найти ближайшую причину нагревания и стараться по возможности устранить ее либо ослаблением слишком натянутого ремня, либо опусканием слишком натянутых болтов крышки подшипника.

2) Внезапное появление сильных искр на коллекторе служит признаком образования короткого соединения, место возникновения

которого в цепи обыкновенно не может быть определено сейчас же. Если короткое соединение произошло по внешней цепи, то в правильной монтированной установке соответственные предохранители не замедлят расплавиться. Кроме того, в этом случае амперметр должен показать ненормально большую силу тока, а вольтметр, наоборот, весьма низкую величину напряжения, если только уже с самого начала ремень не соскочил и скорость двигателя не начала убывать. Если же всего этого не наблюдается и показания амперметра нормальны, следует заключить, что причина дефекта лежит в самой динамо-машине. Когда выделение искр не слишком значительно, и чрезвычайно важно не прерывать в данную минуту освещения, можно продолжать работу, время от времени приближением руки удостоверяться в том, что ток воздуха, идущий от якоря, не слишком нагрет. По окончании работы и по осмотре динамо-машины обыкновенно оказывается, что одна из шпuleк якоря особенно сильно нагрета, и соединения с ней пластинки коллектора более или менее сильно перегорели.

Причина этих явлений лежит в том, что вследствие осевших между пластинками коллектора металлических частиц образовалось ответвление тока с ничтожным сопротивлением в них, в виду чего и сила проходящего по ответвлению тока достигла весьма значительной величины, недопустимой при нормальных условиях. Если же искрообразование весьма сильно и значительная часть поверхности коллектора находится, так сказать, в огне, или же последний окружает даже коллектор со всех сторон, то, во избежание больших повреждений, следует немедленно остановить машину.

Часто случается, однако, что причина появления искр лежит в ослаблении какой-нибудь щетки: в таком случае неисправность легко устранить, закрепив вновь щетку в щеткодержателе.

3) Если искры появятся в самой обмотке якоря, то лучше всего сейчас же остановить машину, так как обыкновенно с дальнейшей работой искрообразование усиливается, а вместе с ним увеличивается и приносимый им вред.

Обыкновенно причина явления лежит в том, что в проволочной изоляции образовалось перетертое или перегоревшее место, благодаря которому между двумя шпuleками установилось ответвление или короткое соединение. Иногда же неисправность состоит в том, что с одной стороны какая-нибудь часть обмотки якоря, с другой же — какая-нибудь иная часть динамо-машины, проводящая ток, каким-либо образом оказалась электрически соединенной со статором машины. Если только неисправное место в изоляции проводов дало искру и не совоём скрыто от глаза, то его не трудно отыскать. В противном же случае нужно отыскать такие места при помощи измерения изоляции в отдельных шпuleках, для чего, вынув якорь из машины, следует разобщить между собой все бывшие до того в соединении шпuleки. Затем нужно сделать измерения сопротивления изоляции и в остальных частях динамо машины. Когда неисправность будет найдена и устранена, следует сделать новую пробу изоляции всей машины.

4) Если динамо-машина в начале пуска в ход не будет давать тока, то причиной тому может быть разрыв цепи, вследствие неплотности какого-нибудь нажима на динамо или на распределительной доске. В случае динамо-машин с последовательным возбуждением возможно также, что произошел перерыв в каком-либо месте внешней цепи. В справедливости последнего предположения убеждаются тем, что, включив всю добавочную нагрузку, на мгновение тонкой проволокой замыкают на короткое внешние провода, содержащие лампы. Если ток при этом не появляется, причина неисправности может заключаться еще в том, что между концами обмотки электромагнитов образовалось короткое соединение или ответвление с незначительным сопротивлением (например, через посредство статора электромагнитов).

Если шунтовые и компаунд-динамо-машины при пускании в ход не дают тока во внешней цепи и при этом электромагниты их не возбуждены (в чем можно удостовериться приближением к полюсам куска железа), то причина неисправности, без сомнения, лежит в самой машине или частях, к ней относящихся. Причины отсутствия возбуждения магнитов могут быть разные: шунтовая цепь, содержащая возбуждающую обмотку, реостат и провода к последнему, могут быть в каком-либо месте прерваны, или же щетки могут оказаться каким-либо образом замкнутыми на короткое, в силу чего на короткое замкнется и обмотка электромагнитов, и тока через нее не будет; наконец отсутствие возбуждения может быть вызвано разрывом цепи в самом якоре или неплотным налеганием щеток на поверхность коллектора. Если же электромагниты возбуждены (кусок железа притягивается) и вольтметр, соединенный с зажимами динамо, показывает нормальное напряжение, — то причина неисправности лежит где-либо вне машины — в распределительной доске или в главных проводах.

Наконец, иногда, хотя и редко, случается, что все части электрической цепи находятся в полном порядке, машина делает нормальное число оборотов, а тока все же нет. Причина этого явления заключается в том, что сердечники электромагнитов не обладают достаточным магнетизмом, необходимым для получения начальной электровозбудительной силы. Это часто случается в новых машинах, еще не бывших в работе; они обыкновенно намагничиваются самым заводом, изготовившим динамо, при пробе последней. Бывает, однако, что машина, много раз правильно дававшая ток с самого начала пуска в ход, вдруг отказывается служить. Исчезновение остаточного магнетизма может быть объяснено лишь тем, что в момент предшествовавшего выключения машины через обмотку электромагнитов прошел мгновенный ток в обратном нормальному направлении. Явление это присуще в особенности машинам с сердечниками электромагнитов из кованого железа, так как этот материал обладает лишь слабой задерживающей магнетизм силой. В этом случае, для пуска машины в ход, если дело идет о машинах с последовательным возбуждением или компаунд, можно попробовать замкнуть на мгновение внешнюю цепь на короткое при помощи тонкой проволоки. Если это не поможет, надо прибегнуть к помощи какого-нибудь другого, внешнего по отношению к данной машине, тока — например, от другой динамо или батареи аккумуляторов

а за отсутствием той и другой можно пропустить через обмотку электромагнитов ток от батареи первичных элементов.

5) Если в начале пуска в ход окажется, что динамо перемагничено (т.е. разноименные полюсы электромагнитов обменялись местами), то это не имеет значения лишь в том случае, если данная установка питает исключительно калильные лампы и не включает в себе аккумуляторов или другой машины, соединенной с первой параллельно. В случае же, если кроме калильных ламп имеются дуговые и сверх того батарея аккумуляторов, перемагниченная машина должна быть немедленно остановлена. Если же условия работы не допускают немедленного устранения неисправности, можно в качестве временной меры ограничиться перестановкой концов главных проводов в зажимах динамо. Для обратного же перемагничивания такой динамо с целью сообщения полюсам электромагнитов первоначального их наименования, необходимо прибегнуть к помощи постороннего тока.

6) Если в какой-нибудь из частей динамо-машины, проводящих ток, установилась каким-либо образом связь с землей, то обстоятельство это может повлечь за собой потерю в токе лишь в том случае, когда в какой-либо другой части электрической цепи, характеризующейся по сравнению с первой другим напряжением, также установилась заземление. Значительная утечка тока может иметь место в этом случае лишь тогда, когда общее сопротивление проводников, установивших связь цепи с землей, незначительно. Следовало бы снабжать всякую мало-мальски значительную по протяженности электрическую сеть прибором, указывающим на существование в последней сообщения с землей; таким путем можно было бы избежать своевременно довольно значительных потерь тока. При всяком измерении сопротивления изоляции в установке следует произвести пробу динамо-машины и притом не только на сообщение с землей, но и на соединение со статором. Хорошей изоляции в самой динамо-машине гораздо легче добиться, нежели в проводах тока. Если какая-нибудь часть динамо-машины оказалась электрически соединенной со статором, то утечки все же не будет до тех пор, пока сказанное соединение ограничится лишь одним местом и пока основание, на котором покоится машина, хорошо изолировано от земли. Но со временем может оказаться, что и другое место пришло в сообщение со статором, или же изоляция основания потеряет свою способность сопротивления; в этом случае утечка тока неминуема. Поэтому следует самым тщательным образом следить за изоляцией частей динамо-машины, и немедленно устранять все замеченные неисправности.

7) Мигания в освещении могут быть вызываемы различными причинами. Если мигания эти происходят периодически, то обыкновенно причину неисправности следует искать в двигателе, приводящем динамо в действие, или в промежуточном органе, передающем вращение последней. Первое имеет место в том случае, когда мигания имеют „темп“, одинаковый с оборотами вала двигателя. Такого рода неисправность чаще всего обнаруживается у тихоходных паровых машин или одноцилиндровых двигателей внутреннего сгорания и дает знать о себе почти с пер-

вых же минут работы установки. Если колебания света следуют быстро друг за другом и повторяются при каждом обороте вала двигателя, то причина неисправности лежит в слишком легком маховике; для устранения ее следует увеличить вес маховика, прибавив к нему массу известной тяжести, благодаря чему равномерность хода увеличится. Если же колебания следуют не быстро друг за другом, а совершаются длинными периодами, причем интенсивность горения ламп медленно увеличивается, достигает некоторого максимального предела, и затем так же медленно падает, то причина лежит в слишком „вялом“ действии регулятора; для устранения ее следует увеличить чувствительность последнего. Часто случается, что никакие меры воздействия на регулирующие органы двигателя не в состоянии установить равномерности хода, что бывает в особенности в случае неправильности конструкции двигателя или ветхости его. В таком случае единственным средством для достижения равномерности в освещении остается присоединение к динамо-машине параллельно с ней включенной аккумуляторной батареи.

Неисправность привода к динамо-машине, при вполне правильной в остальных отношениях конструкции двигателя, также может служить причиной появления периодических миганий освещения. Так, например, весьма нецелесообразно соединять части ремня замком: в этом случае при каждом набегании ремня на шкив динамо-машины происходит удар, сейчас же отражающийся и на мгновенной электровозбудительной силе динамо, а следовательно и на интенсивности горения ламп; тот же нежелательный эффект может быть вызван несколько отставшим стыком расклеившагося ремня; такого рода неисправность должна быть немедленно устранена при ближайшем перерыве работы динамо. Мигания света могут быть вызваны также ослабевшим ремнем, так как, вследствие происходящего по временам скольжения последнего, число оборотов динамо меняется, а вместе с ним и сила света; в этом случае, само собою разумеется, устранение неисправности может иметь место немедленно же, во время самой работы, прибегая к одному из способов, указанных для натяжения ослабевших ремней.

Третья причина появления миганий света зависит от не вполне цилиндрической поверхности коллектора. В этом случае в течение одного оборота щетки в некоторых местах поверхности перестают касаться последней, вследствие чего образуется зазор, увеличивающий сопротивление прохождению тока.

В большинстве случаев при таких коллекторах и щетки оказываются не в порядке: концы их неравномерно изношены и измочалены.

Искрообразование при этом почти всегда значительно, так что локализация неисправности в данном случае не представляет затруднения. Если динамо-машина не может быть немедленно остановлена, можно продолжать работу до ближайшего перерыва, нажавши щетки несколько сильнее и смазывая поверхность коллектора небольшим количеством масла. Для окончательного устранения неисправности коллектор должен быть заново отточен, а щетки — подрезаны, или же, в случае необходимости, — заменены новыми. Часто причиной подобного рода неисправностей является

ослабление степени зажатия щеток в щеткодержателе, вследствие чего щетка начинает неправильно скользить и прыгать; после надлежащего ее закрепления дальнейшая работа совершается в полном порядке.

8) Нагревание обмоток является признаком неправильно со-размеренного поперечного сечения проволок. Заметим при этом, что в динамо-машинах с последовательным возбуждением обмотка якоря и вообще всякая обмотка, включенная в главную цепь, сильнее всего нагревается при максимальной силе тока, в шунтовых же и компаунд-динамо-машинах обмотка в шунте нагревается сильнее всего при отсутствии тока в главной цепи; температура обмоток, смотря по размерам машины, растет постепенно в продолжение часа, а иногда и нескольких часов, затем устанавливается на постоянной точке. Если случится, что в машине, в обычных условиях нагревающейся нормально (т.-е. до температуры, отличающейся приблизительно на 30° от температуры окружающей среды), неожиданно появится сильное нагревание обмотки якоря и вместе с тем амперметр не укажет ненормального расходования тока во внешней сети, то это служит признаком того, что либо произошло ответвление тока через статор машины, либо ответвление возникло между главными проводами, через сообщение с землей или как-нибудь иначе, во всяком случае в части, лежащей перед амперметром, так что последний не мог показать присутствия ответвления. Если температура повысилась настолько, что можно опасаться перегорания изоляции проволок, следует немедленно остановить машину и локализовать неисправность при помощи измерения сопротивления изоляции, если только она (неисправность) не видна сразу на глаз.

Весьма значительные повреждения могут возникнуть в динамо-машине в том случае, когда часть обмотки ротора от времени расшаталась и отстает от поверхности последнего. Неисправность эта наблюдается в тех частях обмотки, которые неплотно прикреплены к поверхности якоря: значительные магнитные силы действующие между полюсами электромагнитов с одной стороны и обмоткой якоря — с другой, действующие притом на отдельные части обмотки не с постоянным напряжением, а с переменным, достигающим своего максимума при прохождении указанной части обмотки мимо полюса и затем опять падающим до нуля, все более и более увеличивают начавшееся расшатывание проволок; этому в значительной мере способствует также центробежная сила. По мере увеличения расшатывания может случиться, в виду незначительности зазора между полюсами электромагнитов и якорем, что проволоки при вращении последнего начнут задевать в некоторых местах поверхность полюсов: изоляция проволок начнет перетираться и, если неисправность во-время не будет устранена, якорь может быть скоро приведен в полную негодность. Задевание проволоками поверхности полюсов легко узнается по особому периодически усиливающемуся и ослабевающему шуму, издаваемому машиной; даже небольшое уже расслабление плотности налегания проволок на поверхность якоря (разматывание) дает знать о себе тем, что соответствующая часть обмотки при прохождении мимо полюса вибрирует и издает при этом особый шум. Подоб-

ного рода неисправность должна быть немедленно устранена: чем раньше захватить ее, не дать возможности развиться до опасных пределов,—тем лучше.

Чаще всего приходится в таких случаях прибегать к помощи конструктора машины или другого лица, опытного в конструировании динамо-машин. Заметим тут же, что реже всего опасаться появления описанной неисправности можно в зубчатых якорях (проводами положены в выемки, сделанные на наружной поверхности якоря); этим объяснялось быстрое распространение такого рода якорей.

В некоторых случаях задевания проводами обмотки якоря поверхности полюсов могут быть вызваны и другими причинами. Так, например может случиться, что установочное кольцо, ограничивавшее передвижение вала в продольном направлении, ослабело и вал передвинулся, или же якорь сам переместился, или же, наконец, как это часто бывает в старых машинах, вкладыши подшипников или заплечики вала износились, вследствие чего якорь переместился, что вызвало упомянутое задевание его частей. В этом случае, помимо тщательного исправления и возобновления перетертой изоляции, следует вставить новые вкладыши и ограничить передвижение вала установочными кольцами.

9) Неисправности в аккумуляторах. Здесь мы вкратце укажем на способы устранения могущих возникнуть в аккумуляторных батареях неисправностей.

Если процессы образования газов в одном каком либо элементе батареи отстают от таковых же процессов в других, то причина неисправности лежит в возникшем между пластинками элемента ответвлении большего или меньшего сопротивления; ответвление может произойти либо вследствие сильно выступающей наружу массы или отделившихся на поверхности пластин металлических частиц, либо вследствие искривления положительной пластинки, вызвавшего ее соприкосновение в некоторых точках с пластинкой отрицательной. Неисправность эта должна быть устранена немедленно по обнаружении. Последнее легко возможно в том случае, когда электроды помещены в стеклянных сосудах. Гораздо труднее обстоит дело при деревянных, эбонитовых и проч. сосудах: в этом случае ничего другого не остается, как вынуть пластинки из подозрительных элементов. Впрочем вынимать пластинки приходится и из стеклянных сосудов—в том случае, когда причина неисправности лежит в искривлении положительных пластин.

Если бы исправление неисправности потребовало продолжительного времени, следовало позаботиться о том, чтобы батарея была в состоянии по возможности лучше нести свою вечернюю службу. Обыкновенно отвинчивают винтовые соединения, связывающие испорченный элемент с остальными, или же разрезают (или распиливают) припаянные к пластинкам свинцовые бруски, вынимают элемент и замещают образовавшуюся пустоту, соединяя соответственные полюсы соседних с ней элементов привинчиванием к ним куска проволоки или кабеля. Вынутые пластинки, покуда они не подвергаются обработке, должны быть погружаемы в раствор серной кислоты. Отрицательные пластинки в особенности не дол-

жны быть подвергаемы влиянию воздуха, так как в противном случае они при повышении температуры сильно окисляются. Далее следует следить за тем, чтобы не отвалить или же не соскоблить с пластин активной массы.

Искривленные пластинки выпрямляются и затем вновь припаиваются к общим свинцовым брускам. Вообще при подобного рода более крупных ремонтах чаще всего приходится иметь дело со свинцовой пайкой; желательно поэтому чтобы за такую работу принимался лишь опытный monter.

В тех аккумуляторах, пластинки коих не подвешены на брусках, а расположены на подкладках, помещенных внизу сосуда, постепенно уменьшение емкости батареи может быть вызвано тем, что отпавшая масса образует между пластинками как бы небольшие мостики, по которым ток, хотя и медленно, но все же постоянно ответвляется. По удалении этих отпавших частиц массы и многократном заряде, батарея вновь приходит в нормальное состояние. Если пластины расположены на достаточно высоких брусках из дерева, стекла и т. п. материалов, как это и бывает почти всегда (если только пластины не подвешены), то удаление осевшей между пластинками массы производится чрезвычайно просто: при помощи деревянной или стеклянной палочки осевшая масса сбрасывается вниз на дно сосуда и там разравнивается так, чтобы образовался слой равномерной толщины. В случае же, если нижние ребра пластин незначительно возвышаются над дном сосуда, приходится вынуть пластины и основательно вычистить сосуды. В последнем случае ремонт требует много времени и обходится не дешево, так как большей частью приходится ремонтировать почти всю батарею.

В случае, если сосуд опорожнился, благодаря имеющейся в нем щели, неплотности соединения составных частей, и подобного рода неисправность не была своевременно замечена, электрическая цепь внутри батареи оказывается разомкнутой. Испорченный элемент следует немедленно удалить и вышеуказанным уже способом восполнить образовавшийся перерыв цепи. Пластины испорченного элемента вставляются в новый сосуд: в случае небольших элементов подобная операция может быть произведена, в особенности при наличии нескольких рабочих, простым приподыманием пластин и погружением их в новый сосуд, наполненный соответствующей жидкостью. При более крупных элементах пластины отрезаются от соединительных брусков, заделываются в новый сосуд и заново припаиваются к брускам. Вынутые из батареи с целью исправления элементы в большинстве случаев теряют весь свой заряд, в виду чего прежде, нежели включать их в батарею, их следует довести до той степени заряда, которой обладают остальные элементы.

С этой целью проще всего поступать следующим образом: включают новый элемент в батарею, заряженную до нормального предела, и подвергают последнюю дополнительному заряде до тех пор, пока в нововключенном элементе не обнаружится достаточно энергичного газообразования. Гораздо более затруднительным является отдельное зарядение нового элемента при помощи динамо; точно так же нельзя рекомендовать

заряжать элемент током, отнимаемым от других элементов батареи, так как тем самым нарушается равномерное распределение заряда внутри последней.

Лучше всего поступать так.

Следует установить новый элемент в соответствующем месте батареи, не связывая его все же окончательно с соседними элементами; затем при нескольких последовательных заряжениях включать его в батарею, а при разряжениях, имеющих место в промежутках заряжений, выключать и восполнять образовавшийся пробел одним из вышеуказанных способов; прием этот продолжать до тех пор, пока вся батарея не достигнет нормальной емкости.

В правильно установленной и обслуживаемой аккумуляторной батарее соединение с землей вряд ли может иметь место. Все же в данном случае почти невозможно поддерживать сопротивление изоляции батареи на постоянном высоком значении подобно тому, как это легко можно сделать в динамо-машинах и сетях средней протяженности. Сырость помещения и в особенности кислотные испарения, перемешанные с газами, выделяющимися из элементов к концу каждого заряжения, мало-по-малу покрывают сосуды, деревянные полки и изоляторы тонким налетом, слабо, но все же в некоторой мере проводящим ток, вследствие чего сопротивление изоляции батареи несколько понижается, но со временем устанавливается на приблизительно постоянной величине.

Впрочем, последняя в правильно установленных батареях настолько еще незначительна, что не представляет никакой опасности для правильности работы. Имея в виду подобного рода понижение сопротивления изоляции батареи, следует всякий раз, когда желают определить сопротивление остальных частей установки, удалять от распределительной доски провода, служащие для присоединения батареи. Впрочем, в последних проводах вредное соединение с землей, вообще говоря, может иметь место гораздо чаще, чем в самих элементах.

Для локализации неисправности, иначе говоря, для определения того, какой именно из элементов получил соединение с землей, в случае таковое обнаруживается в батарее, применяется следующий прием: берут гальваноскоп, перед которым включено достаточно большое сопротивление; один из зажимов его соединяют с землей, а другой зажим соединяют то с одним, то с другим полюсом батареи. Соединяющийся с землей элемент лежит ближе к тому из полюсов батареи, при соединении с которым получается меньшее отклонение стрелки гальваноскопа. Если последовательно перекладывать соединительную проволоку от одного элемента к другому, положение неисправного элемента определится тем, что по обе стороны последнего отклонения стрелки окажутся противоположно направленными.

Если во время заряжения, несмотря на нормальную величину напряжения у зажимов динамо, не удастся довести силу тока до требуемого предела и батарея при полном хорошем состоянии элементов не показывает полной требуемой разности потенциалов у зажимов, то причина неисправности может заключаться в скверном контакте в каком-

либо из соединений. Если соединение отдельных элементов батареи между собою, или проводов с полюсами последней, или, наконец, отдельных элементов с элементным выключателем установлено при помощи зажимных винтов, то является опасность окисления подобного рода соединений под влиянием попавшей на них кислоты или паров ее; вследствие подобного окисления в означенных местах появляются все более и более увеличивающиеся сопротивления, мало-по-малу повышающие общее сопротивление батареи.

Недостаток этот при употреблении зажимных соединений почти неустраним и появляется рано или поздно; соединения эти, поэтому, требуют частого осмотра и очистки соприкасающихся поверхностей. В виду этого, как было уже ранее упомянуто, лучше всего производить все соединения в батарее, как-то: элементов между собою, а также с проводами, от них идущими, при помощи спайки.

Иногда в аккумуляторах обнаруживаются неисправности (как-то: уменьшение емкости батареи, значительное уменьшение заряда и проч.), причина коих лежит либо в физических и химических изменениях, происшедших в активной массе, либо в некотором несоответствии свойств применяемой в дело кислоты. Если батарея оказывается не в состоянии удерживать заряд в течение нескольких дней и из отрицательных пластин во время покоя обнаруживается задержка в газообразовании, то часто причины неисправности следует искать в кислоте.

В этом случае последняя содержит обыкновенно мельчайшие металлические частицы, в особенности частицы меди, которые при заряжении осаждаются на отрицательных пластинах и путем электролиза обуславливают превращение губчатого свинца в сернокислый свинец, при чем выделяется водород. В случае обнаружения подобной неисправности, зарядив батарею, оставляют ее в бездействии до тех пор, пока отрицательные пластины не потеряют весь свой заряд, для чего требуются две недели. После этого элемент заряжают короткое время в противоположном направлении до тех пор, пока отрицательные пластины не покроются легким налетом коричневого цвета, прекращают заряжение, опорожняют сосуды и наполняют их новой кислотой, обладающей хорошими качествами. До наливания кислоты не мешает раз прополоскать сосуды. В случае, если по выполнении описанного приема, неисправность оказывается еще не вполне устраненной, прием этот повторяют, с тем лишь изменением, что после опорожнения сосудов заменяют отрицательные пластины новыми, наполняют сосуды кислотой хорошего качества и далее поступают так, как при первом заряжении новой батареи. Указанное выше явление быстрого убывания заряда в связи с так называемым „кипением“ отрицательной пластинки, повидимому, не имеет места при применении серной кислоты, из которой во время фабрикации удалены следы металла при помощи сероводорода или другого соответствующего сернистого соединения.

Часто у отрицательных пластин наблюдается постепенное уменьшение емкости, характеризующееся несколько иначе, чем в предыдущем случае.

Оно проявляется в том, что отрицательные пластины воспринимают все меньшее и меньшее количество нового заряда, даже в том случае, если их подвергают перезарядке в течение нескольких часов подряд.

Замечено, что причина подобного явления лежит, повидимому, в излишнем уплотнении активной массы на отрицательной пластине, обуславливающим уменьшение пористости ее. В этом случае помочь беде можно лишь заменой испорченных пластин новыми. Впрочем, причины подобного рода явления, так же, как и некоторых других, наблюдаемых в аккумуляторах, еще мало выяснены, и мы не будем далее останавливаться на них.

Неисправности в сети.

Из неисправностей, могущих обнаружиться в проводах и причастных к ним аппаратах (выключателях, предохранителях и проч.), упомянем прежде всего о соединении с землей. Раньше уже было сказано, что подобного рода неисправность сама по себе вреда еще не приносит, если она наблюдается только в одном каком-либо месте сети.

Так как, однако, всегда допустим тот случай, что в другом каком-либо месте сети, обладающем по сравнению с первым некоторой разностью потенциалов, точно так же может произойти соединение с землей, то становится понятным, почему надо всегда стараться, не откладывая дела, по возможности скоро устранить замеченную в каком-либо месте сети неисправность.

Степень вреда, приносимого установке коротким соединением с землей, зависит от электрического сопротивления последнего. Если таковое доходит до нескольких тысяч ом, а установка работает током напряжением в 65—100 V, то особенного вреда соединение с землей принести не может. Существование подобного соединения с землей может быть обнаружено лишь при помощи чувствительного прибора, например, прибора завода Сименс и Гальске и др. с электрическим звонком и лампочкой накалывания; простое же приспособление, состоящее из двух последовательно включенных между проводами ламп, не дает почти никаких признаков существования неисправности. Обыкновенно наличие подобного соединения с землей узнается по тому сотрясению, которое ощущается при случайном прикосновении к одному из полюсов динамо-машины или к одному из проводов. В этом случае ответвление в землю имеется в частях проводящей сети, соединенных с другим полюсом. Лишь только соединение с землей образовалось в двух местах сети, — утечка тока неизбежна. Если сопротивление соединения с землей достаточно мало, то неисправность узнается благодаря тому, что лампы накалывания, питаемые неисправными частями проводов, горят не полным накалом; если утечка тока велика, это сейчас же становится заметным по кажущемуся увеличению нагрузки двигателя, приводящего в действие динамо-машину; он оказывается не в состоянии достигнуть полной скорости, даже если не все лампы включены. Смотря по местоположению неисправности, амперметр либо дает очень высокие показания, либо показывает лишь силу того тока, который как-раз проходит через горящие лампы. В установке

снабженной всюду двухполюсными предохранителями, подобного рода неисправность может существовать долгое время без проплавки предохранителей лишь в том случае, если оба соединения с землей появились в источнике тока, распределительной доске и частях главных проводов, расположенных перед первым пунктом разветвления, предполагая, впрочем, что главный предохранитель, помещенный на распределительной доске, еще выдерживает ток повышенной силы. Если же в установке имеются налицо лишь однополюсные свинцовые предохранители, лежащие все в одной и той же ветви проводов, то утечка тока может происходить продолжительное время через оба места, оказавшиеся в соединении с землей, в том случае, если одно из них находится в части проводящей сети, не защищенной предохранителями, а другое — у источников тока и именно у того из полюсов, который соединен с частью проводов, содержащей предохранители.

Само собой разумеется, что подобного рода соединение с землей настойчиво дающее знать о себе, должно быть немедленно устранено. Локализация неисправностей производится исследованием сопротивления изоляции отдельных частей сети: для этой цели вполне пригоден обычно применяемый способ, основанный на показаниях гальваноскопа. Если в установке имеются лишь двухполюсные предохранители, неисправные места могут быть сейчас же найдены. Равным образом нужно стараться по возможности устранять соединения с землей даже сравнительно большого сопротивления, так как они, большей частью, обнаруживают склонность постепенно уменьшать сопротивление, в особенности благодаря влиянию имеющихся у них разностей потенциалов. В виду всего этого нельзя не рекомендовать частого контролирования приборов, указывающих существование соединения с землей в каком-либо месте сети, в особенности в установках с большим разветвлением распределительной сети, и по возможности устранять замеченные неисправности в ближайшие перерывы горения ламп.

Если прибор обнаружит соединение с землей в каком-либо полюсе сильно разветвленной сети и за недостатком времени в точности отыскать местоположение неисправности не представляется возможным, то можно, как говорят, дать „перегореть“ соединению с землей, умышленно установив соединение другого полюса с землей, например, через посредство газо-или трубопровода. В этом случае свинцовый предохранитель расплавляется и, смотря по тому, какие лампы гаснут, можно судить о местонахождении неисправности. Впрочем, такой способ исследования годится лишь в том случае, если соединение с землей появилось в одном из более тонких проводов ответвления, а не в главном проводе. Для того, чтобы удостовериться имеет ли место соединение с землей в главных проводах, поступают следующим образом: включают между полюсом машины и землей свинцовый предохранитель небольшого диаметра, затем несколько большего и т. д. Если все эти предохранители будут поставлены друг за другом, соединение с землей имеет место в главных проводах и остается лишь точнее определить его местонахождение при помощи исследования сопротивления изоляции.

Часто причиной образования короткого соединения с землей является близкое соседство проводов со стенами и, вообще говоря, каменной кладкой, в особенности в присутствии сырости; далее — соприкосновение частей проводов, коих изолирующая оболочка отчасти или совершенно перетерта, с газовыми или водопроводными трубами; прикрепление проводов к этим трубам скобами или гвоздями, повредившими целостность изолирующей оболочки. Вообще можно сказать, что соединение с землей наблюдается тем реже, чем в большей мере соблюдены правила предосторожности, необходимой при прокладке проводов и установке различных приборов в распределительной сети.

Другой неисправностью, могущей появиться в сети, является ответвление, устанавливающееся между двумя какими-либо частями проводов, соединенными с различными плоскостями (как частный случай, подобное ответвление может быть образовано соединением с землей в двух местах, что уже разобрано было выше), такого рода ответвление в особенности часто наблюдается у источников света и в патронах ламп, вследствие могущего произойти прикосновения металлических оголенных частей. В этом случае соответствующий предохранитель перегорает, чем устраняется возможность дальнейших повреждений. Вследствие этого, подобного рода короткие соединения, в сущности, менее опасны, чем могущие иметь место короткие соединения в собственном смысле слова, так как последние имеют последствием своим не столь значительное повышение силы тока, во всяком случае такое лишь, что ток не в состоянии переплавить предохранитель. Подобного рода короткие соединения появляются тогда, когда контакт между двумя соприкасающимися частями проводов не вполне металлический, а представляет все же некоторое более или менее значительное сопротивление; случаи повреждения их возможны при частичном повреждении изолирующей оболочки, в местах соприкосновения проводов, при перепутывании слабо натянутых и при том сырых проводов, при соприкосновении с металлическими хомутиками или гвоздями, внутри дерева, в которое последние вбиты и т. п. Заключить о существовании подобных неисправностей по показаниям измерительных приборов, помещенных на распределительной доске, или по ходу динамомашин часто почти невозможно. Между тем, вследствие постоянного прохода тока в неисправных местах, последние могут нагреться настолько, что явится опасность загорания близлежащих воспламеняемых предметов. Если, однако, уследить за постепенным повышением температуры в местах образовавшегося нового контакта и представляется в большинстве случаев затруднительным, все же существует другой признак, на основании которого можно еще во-время предупредить неприятность. Дело в том, что сколько-нибудь значительная потеря тока в ответвлении имеет ближайшим следствием своим некоторое потускнение питаемых этим ответвлением ламп (в случае незначительности поперечного сечения последнего). Если во-время известить лицо, наблюдающее за установкой, о замеченной неисправности, последняя может быть своевременно найдена и устранена. Подобного рода ответвления могут быть также отысканы при помощи периодически выполняемой пробы изоляции обеих половин установки друг

относительно друга; метод этот сопряжен, однако, с некоторыми затруднениями, так как приходится вывинчивать целые группы ламп, и потому часто прибегать к нему нет возможности.

Настоящее короткое соединение, вообще говоря, происходит редко, если только оно не вызывается злонамеренно, и, как сказано выше, быстро обезвреживается проплавкой соответствующего предохранителя. Только в том случае, если короткое соединение появляется в главных проводах в той части их, где ток еще не разветвляется, указанная неисправность может повредить динамо машине, так как главный свинцовый предохранитель плавится лишь при значительном превышении током нормальной для его силы величины. В коллекторе появляются сильные искры и издаваемый машиной звук усиливается, в то время, как число оборотов уменьшается. В случае, если главный предохранитель не расплавился и ремень не соскочил, следует немедленно открыть главный выключатель. Если для предохранения машины от повреждения действием тока слишком большой силы при ней устроен автоматический выключатель, выключение производится само собой, лишь только сила тока превысит некоторую предельную величину. Для этой цели наиболее пригодными являются двухполюсные выключатели.

Далее, неисправности в сети могут появиться вследствие плохого контакта в местах соединения, образованных путем зажатия винтами или защемления между пружинами, как это имеет место в выключателях и патронах ламп. Причины этого бывают следующие: ослабление винтов или пружин, окисление. Подобного рода неисправности, имеющие следствием своим нагревание контактных поверхностей, а при случае — даже воспламенение близлежащего горючего материала, обыкновенно не дают знать о себе по показаниям приборов, имеющихся в машинном помещении. Они почти всегда узнаются по тусклому горению ламп, питаемых неисправными, в указанном смысле, проводами. Уже ради этого одного желательно, чтобы наблюдающий за правильностью работы установки во время горения обходил от времени до времени освещаемые пространства, так как умеренные изменения силы света часто не привлекают внимания людей малоопытных. Во всяком случае необходимо во время подобного рода осмотра поручать наблюдение за машинным отделением опытному и обученному надсмотрщику.

Вряд ли есть надобность подробно останавливаться на причинах потухания ламп накаливания: оно вызывается либо перегоранием ламповой нити (в случае потухания одной лампы), либо проплавкой предохранителя (случай одновременного потухания целой группы ламп).

Неисправности в дуговых лампах большей частью состоят в том, что последние плохо отрегулированы, а потому и дают неравномерный свет. Если лампа не горит, а дает лишь тусклый свет, причина лежит в том, что угли слишком сближены, так что появление вольтовой дуги затруднено. В этом случае сила тока обыкновенно слишком велика, а добавочное сопротивление, включенное перед лампой, сильно нагревается, даже при известных условиях накаляется. Причина неисправности лежит в том, что механизм, служащий для образования вольтовой дуги, плохо

действует, либо в том, что он оказывается не в состоянии раздвинуть угли, вследствие сильного трения в подвижных частях, вызванного окислением соприкасающихся поверхностей или загрязнением пылью, либо, наконец, в том, что угли приварились друг к другу, что может иметь место в случае скверных углей. Другая, часто наблюдаемая неисправность, состоит в излишнем увеличении световой дуги. В этом случае сила света начинает испытывать колебания, по временам лампа даже тухнет.

Причину неисправности следует искать в недостаточном действии соленоида, включенного в шунт: это может происходить либо вследствие того, что лампа первоначально была плохо отрегулирована, либо вследствие несоразмерно выбранного поперечного сечения проволоки, вследствие чего последняя, будучи слишком нагружена током, сильно нагревается, что влечет за собой увеличение сопротивления. Вместе с тем сила тока в шпильке уменьшается и оказывается не достаточной для того, чтобы обусловить правильное регулирование, которое в таком случае оказывается возможным лишь при все увеличивающейся длине световой дуги. Дальнейшей причиной сквозного регулирования в шунтовой лампе является окисление контактных поверхностей, у которых при каждом передвижении появляется искра, или же, наконец, сильное трение в подвижных частях, коих движение находится в зависимости от шпильки; трение это может быть вызвано осевшей пылью или окислением под влиянием атмосферных условий.

Вышеуказанные неисправности, если только они не имеют причиной своей неправильность конструкции, вряд ли могут появиться при условии внимательного и добросовестного ухода, и во всяком случае не могут повыситься в такой степени, чтобы представить серьезное препятствие правильности работы установки. Если только угледержатели и направляющие стержни очищаются каждый раз при перемене углей; если, далее, периодически ежемесячно кожух, содержащий регулирующий механизм, открывается и последний очищается от приставшей пыли и окислов; затем, если наблюдающий за установкой производит частые наблюдения ламп во время горения, — если все эти условия соблюдены, хорошо сконструированная и по началу правильно вырегулированная дуговая лампа должна хорошо гореть продолжительное время. В лампах, помещенных на открытом воздухе, в особенности важно возможно лучше защитить регулирующий механизм и угледержатели от вредных влияний погоды и в особенности, во время бурной погоды, от доступа дождевой воды, а также пыли. В этом отношении важное значение имеет способ, которым ток по проводам подводится к лампе. То же относится и к лампам, горящим в закрытых помещениях.

Заметим еще, что в местах, где ток подводится к лампе, легко может появиться при известных условиях, под влиянием сильных качаний, вызываемых действием ветра, металлическое соединение с кожухом, которое, в случае, если оно одновременно имеет место у обоих полюсов или же в одной из внутренних частей уже установилось соединение одного полюса с телом лампы, вызывает сильное искрообразование, соединенное с значительным увеличением силы тока и потуханием лампы. Ненатянутые,

свободно висящие цепи, часто употребляемые для спуска ламповых колпаков, в особенности легко могут быть причиной появления подобного рода неисправностей. В виду этого следует подвешивать означенные цепи так, чтобы они образовали короткие, дуги, или же заменять их каким-либо другим соответствующим приспособлением. Подводящий кабель изолируют до того места, где он входит в полюсный зажим лампы и вблизи кожуха обворачивают его сверх того еще изолирующей лентой. Появление соединений с землей невозможно в тех случаях, когда лампа хорошо изолирована от кронштейна, стрелы и проч., к которому она подвешена.

Неисправности в приборах распределительной доски. Вообще говоря, неисправности, появляющиеся на распределительной доске, лишь в редких случаях могут причинить серьезный ущерб работе установки в виду того, что при постоянном надзоре, которому подлежит рассматриваемая часть установки, всякого рода неисправности скоро замечаются и скоро же устраняются. К ним принадлежат: скверный контакт в винтовых зажимах или же в выключателях и реостатах. Если в подобного рода местах имеются налицо значительные сопротивления прохождению тока, то неисправность дает знать о себе нагреванием соответствующих частей, скоро узнаваемом либо на ощупь, либо по несколько побуревшему цвету металла.

Образование ответвления может иметь место лишь вследствие того, что части, служащие для прикрепления проводов или частей проводов (винты, скобы) и в особенности таких, которые помещены на обратной стороне доски и расположены в ней очень близко, приходят между собою в соприкосновение. Что неисправность лежит в самой распределительной доске, узнается по (два слова) тому, что по размыкании всех главных выключателей присутствие тока все еще остается незаметным; в случае, если неисправность лежит позади означенных выключателей, местоположение ее определяется исследованием сопротивления изоляции.

Соединение с землею какой-либо из прикрепленных к распределительной доске частей, в особенности в случае больших распределительных щитов с большим числом размещенных на них приборов, является весьма возможным. Причина этого лежит в том, что задняя сторона доски находится обыкновенно вблизи стены, и нередко болты, служащие для закрепления более тяжелых приборов, несколько выступают наружу. Исходя из этих и ряда других соображений, монтировать распределительные щиты следует с определенным промежутком задней стороны щита от стены. Раньше было уже указано на то, как определить местонахождение таких соединений с землей, при помощи испытания отдельных частей распределительной доски.

Как на дальнейшую причину неправильностей в работе установки, первоисточник коих находится в распределительной доске, следует указать на неправильное функционирование некоторых из измерительных приборов. Так, например, неправильные показания вольтметра могут со временем причинить значительный вред, так как они при установках с параллельным распределением косвенным образом влияют на горение ламп накаливания; если прибор дает слишком низкие

показания, лампы горят слишком интенсивно, и срок службы их сокращается, если же, наоборот, показания вольтметра слишком высоки, лампы горят тускло. В случае, если налицо не имеется какого-либо надежного прибора для контроля (специальный гальванометр, вольтметр Вестона и т. п.), значительные изменения показаний вольтметра могут быть обнаружены благодаря тому, что новые лампы накаливания, изготовленные солидным заводом и, следовательно, хорошо фотометрированные, при вставлении их на место старых показывают для опытного глаза значительное изменение нормальной силы света, в то время, как вольтметр указывает на нормальное напряжение тока. В этом случае инструмент должен быть либо исправлен изготовившей его фирмой, либо градуирован по другому более надежному вольтметру, причем нормальное для работы установки напряжение тока должно быть обозначено на нем чертой в соответственном месте. То, что сказано выше о вольтметре в установках с параллельным включением ламп, равным образом относится и к амперметру в установках с последовательным включением ламп. Напротив того, дуговые лампы большей частью без вреда для себя переносят излишние силы тока.

Далее, часто случается, что в сигнальных приспособлениях, предупреждающих чрезмерное повышение напряжения, несколько изменяется та предельная величина, на которую они установлены. В виду этого от времени до времени их проверяют, сравнивая с вольтметром, и, в случае нужды, устанавливают заново. Точно так же и реле, служащие для урегулирования на расстоянии, со временем обнаруживают некоторую неправильность в работе. Впрочем, обыкновенно в этих случаях все дело происходит от ухудшения контактов, вследствие окисления или загрязнения, а потому беда легко устранима. Вообще все подобного рода аппараты, служащие для автоматического регулирования, точно также и автоматические выключатели, элементные выключатели и пр. нуждаются в частом осмотре и очистке, — это есть необходимое условие продолжительности и надежности и работы. Нужно обращать особенное внимание на контакты, в особенности скользящие.

Уход за аккумулятором.

Даем краткие указания относительно ухода и обслуживания аккумуляторов.

1. Перед каждым заряджением следует посмотреть, стоит ли кислота в каждом ящике по крайней мере на 1 см выше верхнего края пластин, а также следует испытать при помощи ареометра, имеет ли кислота во всех клетках батареи надлежащую крепость.

2. Употребляемая для наполнения аккумуляторов кислота, а также взятая для разбавления этой последней вода должны быть свободны от хлористых, мышьяковистых и азотистых соединений, а также ни в каком случае не должны содержать в растворе металлов. Лучше всего брать дистиллированную воду. Особенно опасен для аккумуляторов алкоголь,

который не редко сильно насыщает своими парами воздух на пивоваренных и винокуренных заводах.

3. Если какая-нибудь секция батареи, несмотря на одинаковый уход за нею, будет, по сравнению с другими секциями обнаруживать в себе заметно малую крепость кислоты, или в конце заряджения будет сильно отставать в смысле образования газов, то следует тотчас же исследовать, не имеет ли в данной секции место короткое замыкание. В последнем случае нужно это замыкание тотчас же устранить при помощи деревянной или стеклянной пластинки. Уничтожив короткое замыкание, нужно, если возможно, данную секцию заряжать несколько дольше, чем другие, и вообще несколько сильнее зарядить всю батарею; обыкновенно после нескольких зарядов раствор кислоты в данной секции достигает требуемой крепости, чем устраняется необходимость прибавлять более крепкую кислоту.

4. При наполнении секций батареи нужно по возможности избегать проливать воду и кислоту и все пролитое тотчас же вытирать, дабы изоляторы и подставки были всегда чисты и сухи.

5. Не нужно переступать предписанной максимальной силы тока для заряджения и разряджения батареи.

6. Процесс заряджения батареи следует считать законченным, если напряжение дойдет до 2,75 вольт, на каждую секцию, или если все пластинки, не исключая отрицательных, будут одинаково выделять газ. Следует тщательно избегать более продолжительного заряджения батареи слишком сильным током.

7. Разряджение батареи никогда не следует вести далее, чем до 1,75 вольта на каждую секцию. Признаком, по которому можно узнать недостаточное заряджение или слишком сильное разряджение является цвет положительных пластинок, переходящий в желто-коричневый. Чем светлее положительные пластинки, тем хуже в последнее время была заряжена батарея.

8. О всякой ненормальности во всей батарее или в отдельных ящиках следует всегда немедленно извещать поставщика аккумуляторов.

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ.

Материалы для прокладок и набивок разъемных соединений.

Металлические прокладки.—Неметаллические прокладки.—Металлические набивки.—Неметаллические набивки.—Разный материал для прокладок и набивок.

Только в немногих случаях на практике оказывается возможным так точно пригнать друг к другу поверхности соприкосновения соединяемых машинных частей, чтобы соединение это долго оставалось плотным под влиянием давления пара, газа или жидкостей. Легче всего этого достигнуть тогда, когда соприкасающиеся поверхности находятся постоянно в одном и том же положении. Если же данные части получают движение друг относительно друга, то плотность соединения сейчас же исчезает вследствие изнашивания той и другой поверхности. В виду этого, а также вследствие того, что точная пригонка больших металлических поверхностей требует много времени и стоит дорого, повсюду, в тех случаях, где это допускают свойства уплотняемых машинных частей, делают уплотнение из особых легко заменяемых прокладок. Прокладки эти (уплотнение, набивки) делаются из металла, пеньки, кожи и различных других материалов. Всякая набивка подвергается тем большему напряжению, чем несовершеннее пригнаны друг к другу поверхности соприкосновения, чем больше давление, чем значительнее уплотняемые поверхности перемещаются друг относительно друга.

При движущихся одна в другой машинных частях, для того, чтобы постоянно равномерно пополнять изнашивающуюся от трения набивку и тем сохранять плотность соединения, употребляются особые сальники, которые, будучи натянуты, ложатся в виде клина на набивку и прижимают ее к данным поверхностям.

У неподвижных частей набивка накладывается между соединяемыми поверхностями, и вследствие стягивания соответственных частей она вдавливаются в углубления и неровности соприкасающихся поверхностей.

Металлические прокладки.

Самый простой, но вместе с тем и отнимающий много времени, способ металлического уплотнения состоит в точной пригонке друг к другу данных плоскостей. Если эта работа исполнена как следует, то такое уплотнение следует считать надежным. Самое обширное, существующее

с давних пор, применение имеет металлическое уплотнение при многочисленных затворах для жидкостей, как-то: золотниках, клапанах, кранах, насосных и рабочих поршнях. Так как у этих последних поверхности соприкосновения находятся между собой, так сказать, в подвижном соединении, то следует заботиться о том, чтобы получающиеся от движения изнашивание плоскостей не нарушило плотности их соприкосновения. Это достигается или при посредстве самых же соединяемых частей, или посредством соответственных промежуточных элементов. Непосредственное металлическое уплотнение употребляется часто для соединения фланцев и у больших механизмов (паровых и насосных цилиндров, компрессоров и т. п.). После того как соприкасающиеся поверхности выровнены (лучше всего посредством обтачивания), посредством шлифовки и притирания доводят их до полного соприкосновения друг с другом. Так как пригонка больших металлических поверхностей очень затруднительна, то оставляют только несколько выдающиеся, узкие полосы, которые и припасовывают. Перед свинчиванием смазывают данные поверхности вареным льняным маслом. Очень полезно поместить между плоскостями прокладку из полос восковой бумаги, пропитанной льняным маслом. Так как эти отшлифованные полосы очень чувствительны и портятся при многократном ослаблении соединения, то указанное нами уплотнение годится только для предметов, которые соединены друг с другом прочно и неподвижно; незначительная неплотность здесь может доставить только немного хлопот, и опытный рабочий всегда сможет ее устранить.

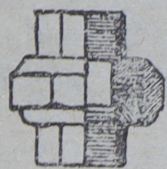
Другой способ металлических уплотнений заключается в прокладывании между данными (предварительно обработанными поверхностями) металлических колец или шайб. Кольца эти бывают по большей части медные или свинцовые и или спаиваются из отдельных проволок или штампуются и обтачиваются. Такие металлические уплотнения встречаются на практике в различнейших формах, начиная с самой простой круглой проволоки и кончая самыми сложными профилями. Их кладут между фланцами, которые снабжаются для этой цели особыми бороздками, и сильно сжимаются. Такое уплотнение отличается прочностью, надежностью и чистотой; но кольца с особыми профилями и замещение их по временам новыми — представляют неудобства. Простые же кольца из медной проволоки не так надежны, вследствие встречающихся неточностей в обработке соединяемых мест.

У труб с фланцами употребляются иногда металлические прокладки с поперечным сечением в форме двояковыпуклой чечевицы или двойного конуса. Соответственно этому профилю на концах труб по внутреннему краю их отверстия делается выемка, и в образованные таким образом гнезда — вдавливаются металлическое кольцо. Это уплотнение особенно хорошо держится в тех местах, которые подвержены высокой температуре и в которых, поэтому, употребляются стальные чечевицы.

Существуют также металлические прокладки в форме широких плоских алюминиевых колец с концентрическими волнами; прокладки эти особенно рекомендуются для уплотнения фланцевых соединений. Так как алюминий не ржавеет и отличается большой прочностью и

сопротивляемостью, а также и легкостью, то относительно высокая цена этого материала вполне уравнивается продолжительностью его службы и надежностью.

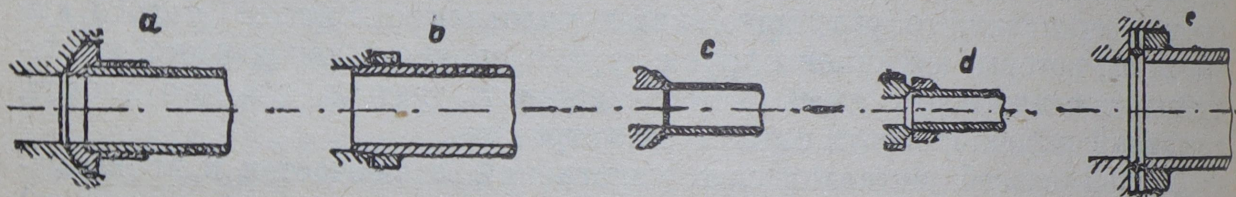
Для того, чтобы в проложенном трубопроводе удобно было заложить прокладки между фланцами и удержать их в требуемом положении, эти металлические прокладки окружают тонким проволоочным кольцом, которое ложится против соединительных болтов.



Фиг. 976

Отметим еще одно металлическое соединение, так называемую американскую гайку (фиг. 976), применяемую при соединениях двух металлических поверхностей „на конус“, главным образом в водяных трубопроводах. Фабрикация этих гаек происходит так, что конус каждой из них должен подойти к конической втулке другой гайки данного размера, другими словами, в подобном соединении осуществлена идея взаимозаменяемости частей.

Американские гайки на соединениях напорных линий представляют собой очень полезное приспособление, так как позволяют в большинстве случаев затягивать первоначально образовавшуюся течь.



Фиг. 977.

В воздушных трубопроводах высокого давления двигателей Дизеля применяются беспрокладочные красно-медные или другие металлические соединения и т. п. Беспрокладочное соединение осуществляется обыкновенно в виде соединения „на конус“ или (для трубок небольшого диаметра) „на острую кромку“. Эти виды соединений труб производятся так, как это показано на фиг. 977, при чем *a*, *b* и *c* характеризует соединение „на конус“, *d* — „на острую кромку“ и *e* — прокладочное красно-медное кольцо.

Воздушные трубопроводы низкого давления уплотняются самыми разнообразными прокладками, указанными выше.

Неметаллические прокладки.

При применении прокладок не из металла, а из других материалов поверхности соединяемых тел могут иметь небольшие неровности, так как благодаря своей гибкости, материал прокладок до известной степени заполняет эти неровности. Однако и здесь обработанные поверхности представляются более надежными, почему предпочитают и в данном случае обрабатывать соединяемые поверхности.

Чтобы увеличить плотность соединения и помешать вытеснению прокладок производимым на нее давлением, соприкасающиеся поверх-

ности снабжают небольшими бороздками, идущими параллельно внутренней выемке данных тел; в эти-то бороздки вдавливаются материалы для уплотнения при стягивании фланцев. В общем же при обработанных поверхностях нужно ставить по возможности тонкий слой прокладок.

Самые распространенные материалы для прокладок следующие.

Асбест. Предубеждение, которое существует против этого материала для уплотнения, следует приписать только применению очень плохих сортов его; хороший асбест и при умелом пользовании им во многих отношениях превосходит большинство других материалов, употребляемых для уплотнения. Асбест состоит из чистой кремневой кислоты и магнезии, и потому несгораем. В продаже он имеется в виде: пластин (около 1 кв. м величиной и 0,5 до 12 мм толщиной), ниток, шнуров (до 30 мм диаметром) и порошка

Для обработанных поверхностей следует применять только пластины толщиной до 3 мм; для необработанных — соответственно их неровностям, более толстые пластины, которые предварительно нужно вымочить в воде и сделать их гибкими; обжечь соединение нужно только после того, как асбест просох; при обработанных поверхностях можно брать сухие пластины. Когда прокладка приходит в соприкосновение с водой, то очень выгодно погружать ее предварительно в лак, свинцовую воду, сурик и т. п. Смазывание поверхности асбестовой прокладки графитом или мелом, перед вставкой ее на место, препятствует прилипанию прокладки к уплотняемой поверхности и поэтому широко практикуется. Прокладку можно несколько раз вынимать и снова пользоваться ею. Уплотняющее кольцо нужно делать шириной не более 14—15 мм, дабы при соединении получить соответственно высокое давление на уплотняемую поверхность. Чистый асбест легко узнать по длинному, мягкому, жирному волокну и легкому весу (он плавает в воде). Асбестовые отбросы можно употреблять для набивки сальников, если их вымочить в воде, высушить и расщепить на волокно. Асбест рекомендуется употреблять чистый, а не проклеенный, так как после выгорания клея он превращается в труху.

Улучшенный вид асбестовой прокладки — медно-асбестовые кольца, выполненные из волнистой меди в соединении с асбестом; кольца эти изготовляются определенных размеров. Медно-асбестовые прокладки представляют значительные преимущества перед простым асбестом, так как выдерживают большие давления не выжимаясь (что в особенности важно при пользовании асбестом в двигателях внутреннего сгорания) и не выдуваясь из выточек; затем они допускают тепловое расширение труб вследствие некоторой деформации меди при изменениях температуры.

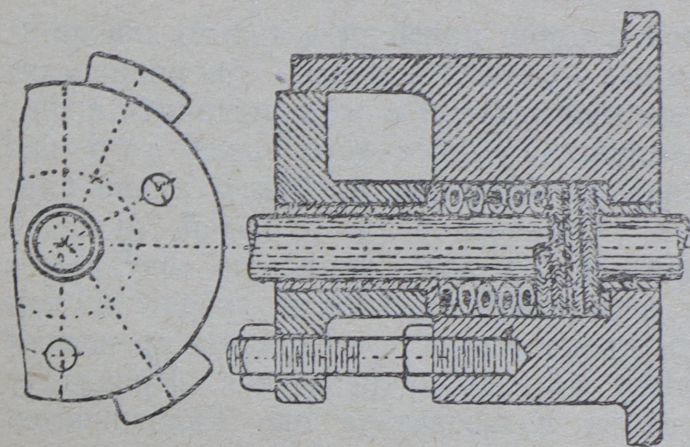
Вообще говоря, асбест представляет собой очень хороший изолирующий материал для уплотнения горячих газов, но слабоват в отношении нефти, масла и воды.

Существуют также асбестовые прокладки с проложенной внутри металлической сеткой.

Резина (а также и **каучук**) изготавливается из растительного вещества, которому соответственной обработкой придают различные формы, употребительные в машиностроении. Для придания ей большей

прочности, ее снабжают прокладками из хлопчатой бумаги, полотна и проволоки; температура плавления резины— 200°C . Употребляется она в виде рукавов, ремней, валиков, клапанных заслонок, бандажей, буферных втулок, уплотняющих прокладок и т. д. Эти последние имеются в продаже в форме: пластин в 1 м шириной, 10—20 м длиной и 2—10 мм толщиной и в форме колец, шнуров. Из всех уплотняющих материалов, при уплотнениях, подверженных умеренной температуре, самый дорогой—резина; правда, при таких условиях она хорошо сохраняется, при более же высоких температурах она легко прилипает к уплотняемым поверхностям, что при ослаблении соединения делает ее по большей части негодной для употребления. Прокладывая бумагу между резиной и уплотняемыми поверхностями или покрывая резину суриком, можно ее

на некоторое время предохранить от прилипания. Концы резиновых шнуров следует перед их употреблением срезать в виде клина и так наложить один на другой, чтобы в месте соединения получилась толщина несколько больше толщины шнура. Рекомендуется также сшивать или связывать эти концы тонкими нитками. При завинчивании клиновидные концы шнуров должны прижиматься друг к другу по плоскостям среза.



Фиг. 9 8.

Резина хороша в сущности только для холодной воды, так как боится нагревания без потери своих основных свойств, как прокладки. Портится под воздействием нефти и масла.

Пересохшая резина может быть исправлена варкой в растворе едкой щелочи в течение непродолжительного времени.

Шнуры Тюка (фиг. 978) представляют собой резиновые шнуры, обтянутые толстым слоем материи (полотняной, хлопчатобумажной и т. п.).

Употребление их такое же, как и предыдущих.

Прокладки из вулканизированного каучука (шайбы, кольца и т. д.) получают смешением серы с красной резиной. Употребляются они так же, как и резиновые прокладки, но отличаются от этих последних большей прочностью и неизменяемостью от действия более высокой температуры.

Клингерит представляет собой прокладку, фабрикуемую из асбеста, резины и других материалов в виде листов и палок. Этот материал был придуман специально для паровых трубопроводов, но нашел применение и в других областях техники, в частности широко применяется для уплотнения цилиндрических крышек небольших двигателей внутреннего сгорания, водопроводных магистралей и т. п.

Клингерит принято считать универсальной прокладкой, но это далеко не так, потому что он плохо устойчив перед нефтью, маслом, горячей водой и керосином.

По цене клингерит один из самых дорогих прокладочных материалов.

Кожа, как прокладочный материал, широко распространена для уплотнения соединений линий холодной воды, и, действительно, вряд ли найдется лучший и более дешевый материал для этой цели. Однако, кожа с течением времени сгнивает в воде, а на воздухе—пересыхает, теряя вместе с этим свою эластичность.

Кожа портится от действия нефти и масла, а также и от нагревания.

Папка, пропитанная вареным льняным маслом, применяется для горячей и холодной воды. Материал дешевый и хороший, но с тем однако, недостатком, что он довольно быстро портится вследствие высыхания масла (твердеет), после чего для нового использования уже не годится. Неприятной стороной является также и присутствие вареного масла на соединениях, с трудом устранимого соскабливанием.

Бумага, в случае ее применения как прокладки, должна быть пропитана керосином или нефтью, что сообщает ей известную устойчивость. Опасаться размокания—не следует, так как эти жидкости придают ей, напротив, некоторую упругость.

Замазка в виде уплотняющего материала употребляется преимущественно в тех случаях, когда большие неровности уплотняемых поверхностей, форма или расположение уплотняемых частей или другие обстоятельства не допускают употребления других материалов для уплотнения. Замазка хорошо заполняет неровности, пазы данных поверхностей, по большей части быстро затвердевает, дешева и при благоприятных условиях хорошо сохраняется.

Имеющиеся в употреблении замазки весьма разнообразны по своему составу. Самые известные из подобного рода материалов для уплотнения следующие:

Суриковая замазка, состоящая из сурика, свинцовых белил и льняного масла, закладывается между уплотняемыми поверхностями слоем толщиной в 2—5 мм. Прокладка 5—10 колец из шнура или медной проволоки, которые при стягивании поверхностей вдавливаются в замазку, увеличивает надежность уплотнения. Замазка долго сохраняется под водой.

Суриковая замазка готовится из 2 частей сурика и 1 части свинцовых белил. На железный лист (или в ступу) наливают вареное льняное масло; насыпавши сурику, делают тесто, которое и бьют большими кузнечными кувалдами или пестом, подсыпая по временам белила. Тесто готово, когда палочка, из него приготовленная, хорошо тянется и не липнет к пальцам.

Мастика-сербат представляет из себя марганцевую замазку, быстро затвердевает и хорошо сопротивляется действию теплоты; ее можно развести льняным маслом; употребляется так же, как и предыдущие.

Гидравлическая, нерастворимая в воде замазка для водопроводных труб и т. д., получается растворением 140 г цинковой обмазки в 280 г кипящего льняного масла с присоединением сюда около 3 кг нагретой смеси, состоящей из 24 частей гидравлической извести, 8 частей свинцовых белил, 2 частей зильберглету и 1 части цинковой обмазки. Употребляется так же, как и предыдущие замазки.

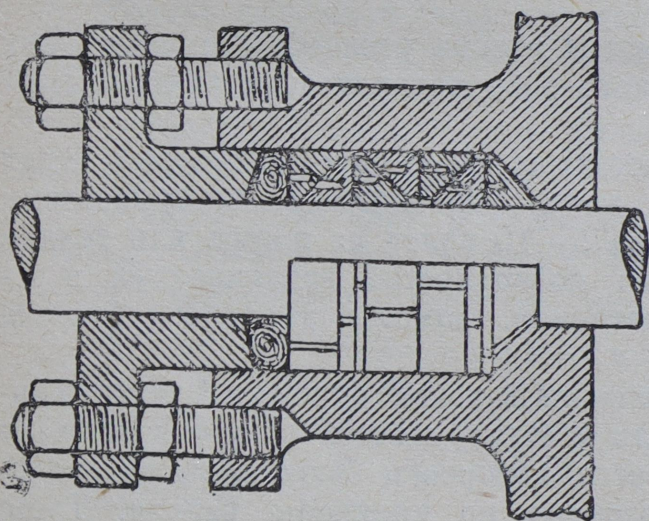
Замазка для паро-, газо- (а также и водо) проводных труб: сушат, мелют и хорошо перемешивают известь, романский цемент и глину, и при помощи вареного льняного масла превращают эту смесь в тестообразную массу.

Глицериновая замазка, сопротивляющаяся действию воды и кислот при умеренной температуре, но не выше 200° С, состоит из сухого промытого свинцового глета, разведенного в глицерине и тщательно растертого в каменной или фарфоровой ступке; затвердевает спустя 1/2 часа.

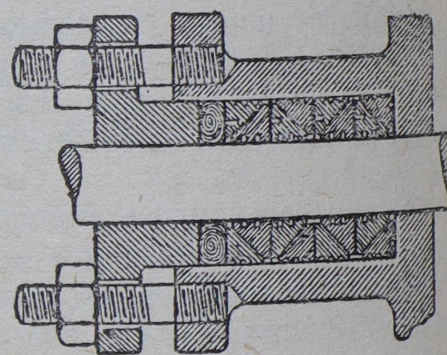
Надежной уплотняющей замазкой для имеющих пороки цилиндров, насосных цилиндров, компрессоров и т. д. будет следующая: нужно взять смесь из 1 столовой ложки ржаной муки, 6 столовых ложек серного цвета и 1 ложку киятку, в которой растворить 0,1 до 0,2 кг серно-кислого аммония, смазывают ею поперечные места и после этого под водой вдавливают ее в углубления чугуна. Эта замазка спустя 24 часа затвердевает и таким образом заделываются небольшие неплотности.

Металлические набивки.

Металлические набивки для предохранения скользящих внутри них частей машин (поршневых или золотниковых штоков) изготавливаются из белого металла или какого-нибудь другого мягкого сплава или чугуна. Для возмещения вызываемого скольжением изнашивания набивки эти состоят по большей части из нескольких колец, разделенных пор-



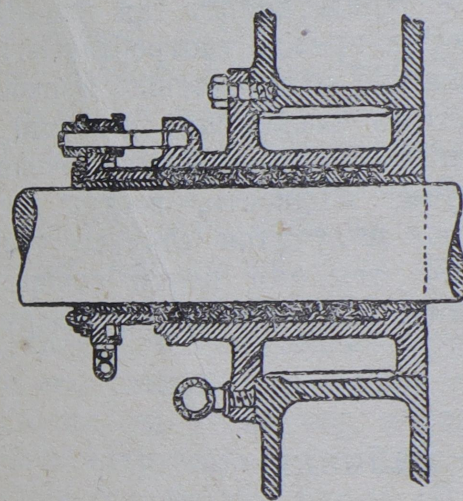
Фиг. 979.



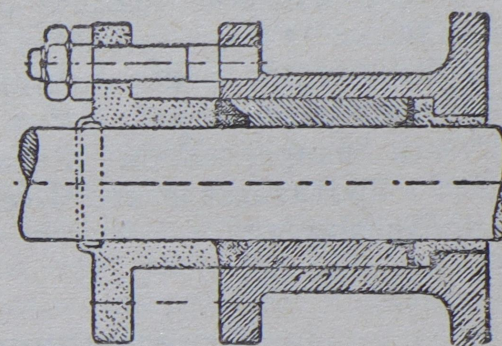
Фиг. 980.

диусу на части; кольца эти так соединяются друг с другом, что при креплении сальника достигается требуемое уплотнение; На этом принципе основано действие патентованной набивки Говальда и Гминдера (фиг. 979, 980 и

981). Кольца, изготовленные из особого белого металлического сплава (или чугуна), имеют в поперечном сечении прямоугольный треугольник. Каждые два кольца прилегают одно к другому своими широкими сторонами (гипотенузами поперечного сечения), и таким образом при креплении сальника они действуют как клинья, а именно: в то время, как одна половина колец прижимается внутрь к поршневому штоку, другая прижимается наружу к стенкам сальниковой коробки. Имеющиеся здесь небольшие каналцы служат для приема выступающего в небольшом количестве пара и уменьшения его скорости путем сжатия. Хорошие металлические набивки, если они пригнаны к новым или вновь обточенным штокам, отличаются полной надежностью и чистотой; точно так же при правильной конструкции набивок и хорошо подобранном для них материале поверхность штоков не так легко изнашивается. Если же, напротив



Фиг. 981.



Фиг. 982.

того, прежде употреблялась другая набивка, то по большей части является необходимым обточить как нажимную втулку и коробку сальника, так и самый шток.

Замещение набивки новой представляется хлопотливым, и так как каждая набивка применима только для штока одного диаметра, то поэтому необходимо иметь много различных набивок.

Цена металлических набивок дороже, чем из других материалов, а смазка при некоторых из них несколько затруднительна.

Выяснилось, что для уплотнения сальников двигателей внутреннего сгорания двойного действия вполне удовлетворяющей практическим потребностям набивкой являются чугунные кольца, тогда как все другие набивки из более мягких сплавов для современных двигателей непригодны.

Чугунные кольца совсем или почти совсем не пружинят, герметичность же их достигается точной пригонкой внутренней их поверхности к полированному штоку и боковых плоскостей колец. В этом случае трущиеся поверхности колец должны быть надежно обеспечены достаточ-

ным охлаждением и надлежащей смазкой, с подачей масла в нескольких местах по длине сальника.

Сальники, равно как и уплотняющие кольца к ним, изготавливаются фирмами, специализировавшимися на этом производстве.

Заслуживают еще внимания введенные в употребление металлические бумажные набивки (фиг. 982), у которых материалом для уплотнения служат бумажные кольца, покрытые с одной стороны гальваническим путем слоем меди или никеля. Кольца эти снабжены прорезами, так что их продевают через поршневой шток, сдвигают в виде конуса и вводят в сальник, где действием пара они прижимаются к штоку и дают требуемое уплотнение (фиг. 982). Металлическо-бумажные набивки не повреждают скользящих в них машинных частей, не требуют никакой смазки и хорошо сохраняются при перегретом до 350° паре с давлением в 12 ат.

Особого рода металлическую набивку представляет так называемое лабиринтовое уплотнение, которое прежде употреблялось очень часто, а теперь — только иногда у поршней и поршневых штоков. На поверхностях, которые должны быть плотно соединены, делается множество каналов или отверстий с различными поперечными сечениями. Когда между этими поверхностями вступит жидкость, воздух и т. п., то, по широко распространенному мнению, получится столько течений с различным направлением и скоростью, что они почти совершенно уничтожат противодействие. Исследования, однако, не подтверждали такого предположения.

Неметаллические набивки.

Более старые и хорошо работающие пеньковые набивки все более и более вытесняются из употребления другими искусственными набивками (тальковыми, асбестовыми), хотя в некоторых случаях (особенно для насосов и т. д.) пенька употребляется и до настоящего времени, как хорошая и дешевая набивка.

Для пеньковых набивок берут чистую, без оческов, мягкую пеньку с длинными волокнами, сплетают ее в возможно длинные жгуты и обильно пропитывают эти последние топленным салом: применяют же их в дело только по их охлаждению; штоки (поршней и т. д.) обкладывают набивкой настолько, чтобы эта последняя хорошо заполнила всю сальниковую коробку; когда же набивка эта будет хорошо сжата, то нужно прибавить ее еще столько, чтобы нажимная втулка, будучи подвинчена, входила в коробку приблизительно на 20—40 мм. Запасные жгуты (заготовление которых следует рекомендовать во всяком производстве) нужно сохранять свободными от пыли лучше всего в висячем положении. Для очень тонких штоков, например, берут вместо пеньки пропитанные жиром хлопчатобумажные фитили. Набивки, которые нужно часто вынимать, предохраняют от повреждений, обвертывая готовую набивку прочным полотном, которое пропитывают жиром.

Асбестовые набивки отличаются прочностью и дешевизной, но плохо держат масло, нефть и воду и потому их приходится постоянно обильно смазывать для предохранения штоков от изнашивания. Благодаря своей растяжимости и несгораемости эти набивки очень часто применяются для уплотнения паропроводов.

Но вышеуказанные преимущества асбеста связаны с одним недостатком, состоящим в том, что асбестовая набивка очень часто, спустя некоторое время, под действием конденсационной и питательной воды, превращается в глиновидную массу. Научное объяснение такого явления заключается в следующем: асбест представляет собою силикат по формуле $(R)SiO_3$, где R означает один или несколько металлов: кальций, магний, а также алюминий и железо. Если, теперь, этот силикат придет в соприкосновение с углекислотой, которая или растворена в питательной воде котла или имеется в ней в виде солей, то углекислота соединяется с кальцием или магнием, между тем как алюминий остается соединенным с кремниевой кислотой. Вследствие этого часть кремниевой кислоты остается свободной. Совершению всех этих химических процессов помогает теплота и высокое давление.

Таким образом, все набивки и прокладки из асбеста, которые приходят в непосредственное соприкосновение с водой или паром, подвержены распадению; поэтому их можно делать из обыкновенных асбестовых пластинок или нитей, или укреплять их прокладками из проволоочной ткани, металлических пластинок и т. п., так как, если асбест, вследствие вышеописанных химических процессов, потеряет свое волокнистое строение и превратится в рыхлую массу, то тут уже не помогут никакие скрепления, ни прокладки, и все подобные асбестовые набивки следует признавать непрочными и, вообще, непригодными для высоких давлений.

Одна германская фирма (П. Лехлер в Штутгарте) предложила такую систему прокладок, в которой соблюдено условие предохранения асбеста от непосредственного соприкосновения с водой и паром. Эта прокладка представляет собою медное уплотняющее кольцо с асбестовой прокладкой; такие кольца имеются в продаже всевозможных размеров и в течение многих лет с выдающимся успехом применяются на многих установках. Асбест в подобных прокладках окружен вязкими, эластичными медными пластинками (при трубопроводах для кислот — свинцом; при щелочах — никелированной листовой медью). При таком устройстве вполне и на долгое время проявляются хорошие качества асбеста (несгораемость и легкость припасовки) наряду с хорошей сопротивляемостью металлического желобка. Таким образом, получается набивка вполне прочная и надежная, независимо от того, будет ли медная канавка наполнена асбестовыми волокнами или она защищает только асбестовое кольцо, или окружает только внутренний край асбестового кольца, покрытого свинцовой фольгой.

Далее, многие фирмы (в частности германские) делают набивку для сальников из металлических стружек под названием „планит-металла“ и т. п. Набивка эта состоит из длинных мягких стружек испытанного сплава для подшипников, которые равномерно и крепко вдавливаются во

втулки, образуя там совершенно компактный металлический подшипник, который может служить несколько лет безукоризненно и представляет прекрасную направляющую для штоков при самом незначительном сопротивлении трения. Такая простая набивка годится для всех производств, так как она применима для втулок всякой величины, при чем нет необходимости предварительно снимать мерку. По произведенным опытам подобная набивка может служить до семи лет. Так, например, эту набивку из „планит-металла“, служившую семь лет для уплотнения золотниковой тяги, пришлось вынуть из сальника лишь вследствие некоторых чисто конструктивных соображений. При этом тяга за все это время сработалась лишь на $\frac{1}{10}$ мм, так что о повреждении тяг набивками, подобными „планит-металлу“ и речи быть не может.

Тальковые набивки, патентованные и т. д., представляют собой плетенные в виде каната хлопчатобумажные или пеньковые набивки, ткань которых пропитана в то же время тальком. Благодаря удобному и надежному действию их при благоприятных условиях, эти искусственные набивки получили самое широкое распространение. Хотя тальк сам по себе представляет смазку для штоков, тем не менее рекомендуется шнур перед их употреблением пропитывать жиром.

Для насосов и т. п. тальковые набивки менее употребительны.

Особый род набивок представляют кожаные набивки, так называемые *воротники*, т.-е. кожаные шайбы, спрессованные в виде воротников; воротники эти вставляются так, что производящая давление вода или воздух входит между двумя краями воротника и может прижимать внутренний край последнего к штоку, скользящему внутри этой набивки. Эта набивка годится особенно для очень высокого давления и умеренной температуры и имеет в таких случаях широкое применение (как, например, при гидравлических прессах, прессовых цилиндрах подъемников и т. д.). Для получения требуемого профиля набивки, кожу режут на большие круглые шайбы, хорошо вымачивают в воде, затем сжимают в соответствующих металлических или деревянных формах, в которых и дают им постепенно высохнуть.

Разный материал для прокладок и набивок.

Материалы, имеющие второстепенное значение для целей уплотнения, следующие: обыкновенный картон (см. выше) толщиной в 2—4 мм, хорошо пропитанный вареным льняным маслом или жидким суриком, может дать надежное временное уплотнение, если только он не подвергается высокой температуре или большому давлению.

Кожа (см. выше) лучшего качества применяется в виде набивки для насосных клапанов, поршневых набивок и т. п.; хорошо сопротивляется действию воды, но должна подвергаться только умеренной температуре (до 30°).

Льняное масло, которое варят до тех пор, пока оно не станет густым, дает хорошее уплотнение при тщательно обточенных фланцах,

Цементный порошок, разведенный в воде до густоты теста, будучи нанесен тонкими слоями на данные поверхности, представляет хорошее уплотнение для крышек лазов, фланцев, стоек, водомерных стекол и т. д. Но хрупкость и твердость этих материалов, когда они затвердевают, делает невозможным дальнейшее подтягивание соединения; поэтому эти материалы не годятся для уплотнения таких мест, которые подвергаются многократному расширению и сжатию.

Если для сальников приемников пара имеются весьма разнообразные и подчас очень хорошие набивки, то для сальников приемников воды набивочный материал очень мало видоизменился за последние 100 лет. Как и 100 лет тому назад, и теперь чаще всего применяют просаленную пенку.

Пенку известной длины заплетают в косы и эти косы пропитывают жиром—лучше всего смесью вареной олифы и сала. Этими пропитанными жиром косами наполняют набивочную коробку, располагая косы рядами, и уплотняют их, прижимая к скалке насоса, к плунжеру, поджимая крышку сальниковой коробки. Косам часто придают не круглую форму, а квадратную или четырехугольную и изготовляют их в виде длинных жгутов. Изготовление подобных жгутов составляет специальность особых заведений.

В данном случае отрезают из жгутов кусок требуемой длины (равной длине окружности скалки, плунжера), концы отрезанного жгута срезают на-нет в параллельном направлении и вводят их в сальниковую коробку, пока ее не заполнят. Иногда эти жгуты навиваются спирально на скалку, пока не заполнят всей коробки.

В начале подобная набивка держит прекрасно, даже и при небольшой подтяжке сальниковой крышки, если, конечно, при этом скалка или плунжер сами изготовлены правильно, не имеют борозд и проходов в сальниковой коробке и крышке и вообще не имеют большой игры. Но это продолжается весьма недолго; вскоре зазор в сальниковой коробке увеличивается, начинает пропускать воду, и крышку сальниковой коробки приходится поджать, а после некоторого времени поджимание крышки сальника приходится повторять. После нескольких таких поджиманий набивка делается негодной; она превращается в уплотненную твердую массу, так как от постепенного поджимания ее—сало выжато и смыто водою.

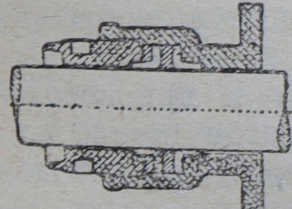
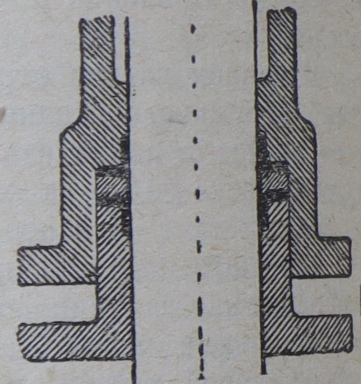
Если бы при дальнейшем поджимании и можно было еще уплотнить сальниковую набивку и прижать ее к штоку поршня или скалке, то эти поджимания вызвали бы уже значительное трение между скалкой и набивкой, неизбежным следствием чего явился бы излишний расход силы, отчасти регулируемый внешней смазкой скалки или плунжера. Но при этом большая часть смазывающего материала пропадала бы зря.

Резоннее подобную набивку вовсе удалить и переложить сальник. Все вышесказанные неудобства этой набивки выступают еще резче, когда приходится качать воду под большим напором. В данном случае уже не приходится использовать набивку до полного отказа ее, и необходимо чаще перекладывать подобную набивку, что сопряжено при непрерывной работе насоса с большими расходами.

Пеньковым набивкам явились на смену набивки, приготовленные из тонких бронзовых проволок, препарированные графитом. Эти набивки, насколько они лучше пеньковой, настолько же и дороже ее.

Пробовали применять в качестве набивки для приемников воды—грубое льняное полотно. Полотно это нарезают в виде лент известной длины; пропитывают их жиром. Навивая, эти ленты образуют кольца, внутренний диаметр которых равен диаметру плунжера, а наружный внутреннему диаметру сальниковой коробки. Кольца эти делаются вышиной от 4—6 см. Для введения их в коробку их разрезают нарезом наискось. Такими кольцами наполняют сальниковую коробку в зависимости от высоты ее в количестве 3—4 штук.

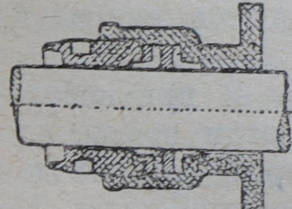
Вместо полотна иногда применяют и шелковые ленты.

В качестве материала для набивки применяют и кожу. Для этого из кожи готовят кольца в виде . Эти кольца располагают в набивочную коробку таким образом, что открытая часть прилегает к внутренней части цилиндра. Вода из цилиндра, проникая в эти кольца, прижимает кожу к плунжеру, чем и достигается плотное его прилегание, особенно при значительном напоре. Вместо колец формы  применяют и кольца формы по фиг. 983 и 984. В сальниковую коробку помещают 2—3 таких кольца.

Неудобства этой набивки заключаются в том, что кольца должны быть цельными, что при возобновлении набивки сопряжено с большими потерями во времени. Следует заметить, что эти кожаные кольца перед укладкой в коробку следует пропитывать в теплом льняном масле, что влияет на большую долговечность их. В за-

висимости от выбора материала для этих колец и ухода за плунжером, т.е. при равномерном смазывании его кольца, они оказываются очень практичными.

Что касается самого приготовления колец, то при изготовлении их следует руководствоваться тем же, что при изготовлении манжет для поршневых набивок.

В некоторых случаях применяют набивку для сальников насосов, приготовляемую из полых резиновых жгутов, снабженных на одной из боковых своих наружных поверхностей рядом отверстий. Из жгутов можно готовить кольца для любого размера штока или плунжера; в притыке концов жгута не имеется соединительных отверстий; одного такого кольца достаточно для всякой сальниковой коробки. Для данной набивки протачивается в дне сальника канавка и прodelываются отверстия для соединения набивки с цилиндром; по канавке укладывается кольцо резинового полого жгута. Действие этой набивки такое же, как и кожаной набивки формы . Находящаяся под известным давлением вода в насосе

через отверстия в канавке проникает в отверстия резинового кольца и прижимает его к плунжеру. В периоде всасывания это прижатие кольца к плунжеру ослабевает и расход силы на преодоление трения в данном случае выигрывается. Единственное условие при применении этой набивки, равно как и кожаных,—точная форма плунжера и отсутствие на нем выедин и потертых мест. В сальниковых коробках, где прежде применялась пенька, при переходе на эту набивку, после подготовки коробки, т.е. после снабжения ее канавкой и отверстиями и после укладки резинового кольца, остальное пространство заполняется деревянным (из липы) кольцом.

Применяя для сальников кожу, должно выбрать дубленую плотную сыромятную подошвенную кожу равномерной толщины.

Признак дубленой кожи: если продержать кожу некоторое время в воде, а еще лучше — в подкисленной уксусной кислотой воде и разрезать кожу, то разрез должен иметь ровный оттенок; если же по середине разреза имеется более светлая полоса, то это ясно указывает на нехорошо продубленную кожу, почему она для данной цели и не годится. Кожу в роговинах и безличинах тоже не следует применять; в первом и втором случае такие кожи быстро истираются, плохо сохраняют плотность и требуют быстрой перемены.

Перед прессовкой манжет кожа отмачивается в воде.

Пресса для формовки, обыкновенно употребляемые, видны на фигуре 985 (4—5).

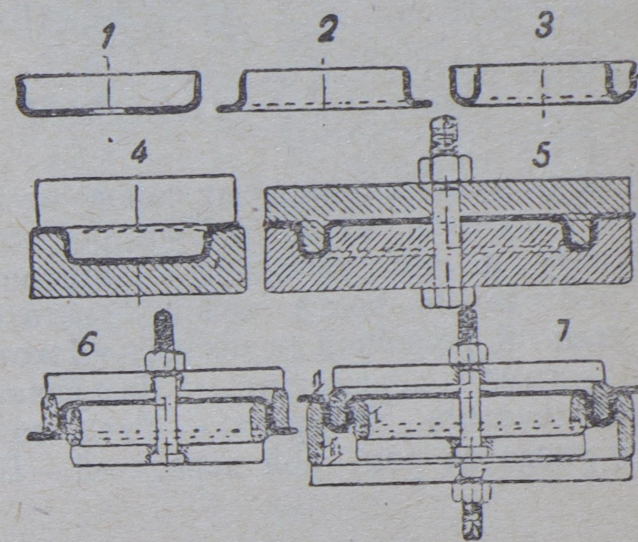
Но формы эти оказываются неудобными, так как в закруглениях кожа дает трещины, да и достигнуть надлежащей высоты набивки при них трудно.

Более удобно прессовочные формы приготовить из нескольких колец, как это видно на фиг. 985 (6, 7).

Для фиг. 985 (6) готовят на токарном станке два кольца, которые стягиваются болтом и двумя поперечинами и служат, таким образом, для образования формы набивки (фиг. 985) (1, 2).

Для фиг. 985 (1) надо приготовить три кольца.

При этих кольцах можно обтягивать кожу равномернее и отбивать на ней манжеты правильной формы, не сморщивая кожи и не надрывая ее, что влияет на службу набивки.



Фиг. 985.

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ.

Установка приводов.

Общие приемы провешивания осей валов. — Четыре главных случая при установке валов. — Проверочные работы. — Припасовка вкладышей к валу и подшипникам. — Влияние подшипников на экономичность в расходе мощности машины-двигателя. — Установка полуперекрестной и угловой ременной передачи. — Некоторые соображения при пользовании ременными передачами. — Надевание приводных ремней. — Уход за проволоочными канатами. — Уход за пеньковыми канатами. — Правила для ухода за ременной передачей. — Наклейка кожи на валах и шкивах.

Общие приемы провешивания осей валов.

На правильную и точную установку приводов всегда следует обращать особо строгое внимание, так как от этого зависит продолжительность службы валов и подшипников; с другой стороны, при правильной установке приводов можно значительно уменьшить потерю сил, вызываемую трением. При установке приводов важное значение имеет надлежащее геометрическое соотношение отдельных их частей, т.-е. те валы, которые должны быть установлены параллельно или перпендикулярно друг к другу, в действительности были строго параллельны или перпендикулярны.

Для этой цели необходимо точно наметить геометрические оси валов.

Разметка осей валов сводится к разметке параллельных и перпендикулярных линий. Задачи эти можно решить несколькими различными способами.

1) Определение направления существующего привода.

Через данный вал перекидывают в двух, далеко отстоящих друг от друга нить с двумя отвесами. Замечают отвесом наметки, соединяют отметки прямой и делят ее пополам. Линия, соединяющая точки деления этих прямых, и даст точное направление вала (фиг. 986).

2) Проведение перпендикуляра к данному направлению вала.

а) Определение направления прямого угла помощью угольника.

Угольник узкой стороной кладут по направлению имеющейся прямой. Прибивают шнур, по большой стороне угольника. Для проверки поворачивают угольник и проверяют им направление шнура по другой стороне прямой, к которой проводили перпендикуляр.

Если большая сторона угольника не совпадает с отбитым шнуром, то либо шнур неправильно отбит, либо угольник неверен.

Когда убедились, что угольник верен, (о проверке угольников см. т. I), то направляют шнур по угольнику, пока получится полное согласование с угольником, располагаемым по одной и другой стороне прямой.

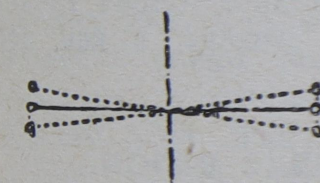
Если же угольник неверен, то отмечают точки отклонения, получаемые при наложении угольника с правой и левой стороны провешенной линии, как показано на фиг. 987.

Соединяют эти точки между собою, делят линии пополам и линия, соединяющая середину этих линий, и будет требуемый перпендикуляр (фиг. 987).

б) Построить прямой угол помощью шнура и рулетки.

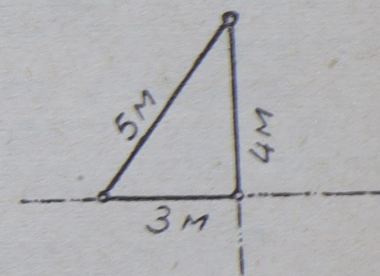
Первый способ (фиг. 988).

Если построить треугольник, стороны которого будут относиться между собою, как 3:4:5, то такой треугольник будет непременно прямоугольным. Поэтому, на имеющейся прямой отложим, например, 3 м, в точке начала отмера



Фиг. 987.

и в конце вобьем 2 гвоздя, на одном из которых укрепим шнур в 5 м. Будем приближать шнуры друг к другу и точку их пересечения отметим снова гвоздем. Между начальной точкой и точкой, найденной



Фиг. 988.

сейчас, прибиваем шнур, который и будет проложен перпендикулярно к имевшемуся шнуру или направлению данного вала.

Второй способ (фиг. 988).

Вбивают по направлению проведенного уже шнура 2 гвоздя и прикрепляют к ним шнур, равный длиной почти тройному расстоянию между гвоздями. Затем натягивают в достаточной мере шнур и в том

месте последнего, в котором производится натяжение, отмечают точку гвоздем и передают шнур, не изменяя его натяжения, по другую сторону прямой, к которой проводят перпендикуляр, и опять на полу отмечают точку гвоздем, т.-е. место шнура, в котором производится натяжение.

Соединяя ранее отмеченную точку с только что найденной, получим линию, перпендикулярную к имеющемуся у нас шнуру, который определяет направление вала.

3) Для проведения параллельной линии по данному направлению поступают следующим образом. На имеющемся направлении выбирают две отдаленные друг от друга точки и проводят к данному направлению в выбранных точках два перпендикуляра. Откладывают на них равные расстояния, намечают концы этих откладываний гвоздями и через эти гвозди пробивают шнур, который и будет параллелен данному направлению.

Проведение горизонтальных линий по стене лучше всего делать при помощи правила и уровня.

Для этого прикладывают один конец правила к известной точке на стене или к данному колышку, а другой конец—поднимают или опускают, руководствуясь в данном случае уровнем. (В этой работе должны принимать участие двое).

Проводят прямую, которая и будет горизонтальная (или вбивают другой колышек, сообразуясь с его высотой при помощи уровня).

Точно также поступают при проведении очень длинной горизонтали коротким правилом. В данном случае переходят правилом из одного найденного пункта в другой.

Таким же способом можно определить уклон известной плоскости.

Выбирают на данной наклонной плоскости линию, по которой и вбивают, пользуясь отвесом, колья. Правилom и уровнем намечают на кольях точки, не упуская при этом из виду, что правило необходимо располагать горизонтально. Вымерив эти расстояния от пола наклонной плоскости до отмеченных точек на кольях, определим уклон данной плоскости.

Барьировать эти работы можно очень разнообразно. Стоит только в отдельных случаях выяснить себе, что нужно сделать, и как это следует сделать при наименьшей трате времени.

Четыре главных случая при установке валов.

После того, как мы ознакомились с тем, как проверить линии, перпендикулярные к ним или линии, к ним параллельные, мы можем приступить к самой монтажке приводов.

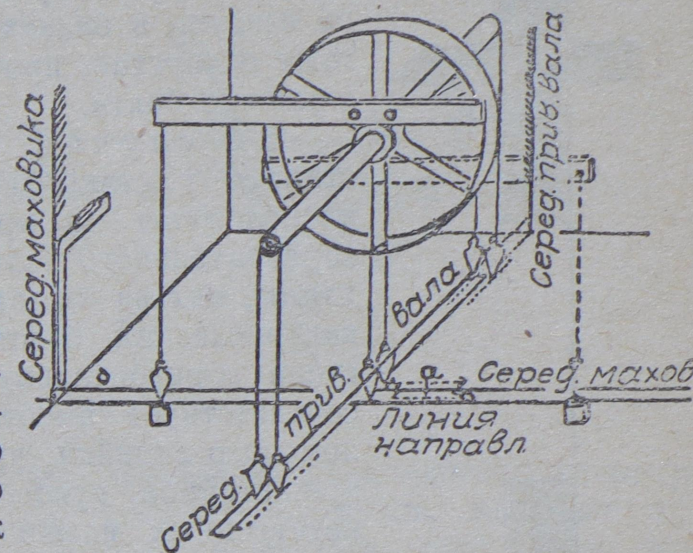
1-й случай. К имеющемуся главному валу следует установить другой вал, приводимый в движение от первого помощью ременной передачи.

Прежде всего следует наметить ось имеющегося уже главного вала; для этого в двух различных местах вала, отстоящих одно от другого,

если возможно, на несколько метров, надевают на него шнурки, к обоим концам которых прикрепляют вески. Положение каждой двух весков, которые подвешены к одному шнурку, и расстояние между которыми должно равняться диаметру вала, отмеряют на полу, делят расстояние между ними пополам, и, если возможно, в полученные точки забивают тонкий гвоздь. Соединяя помощью шнурка обе полученные, таким образом, срединные точки между обеими парами весков, мы получаем ось главного вала (см. фиг. 989).

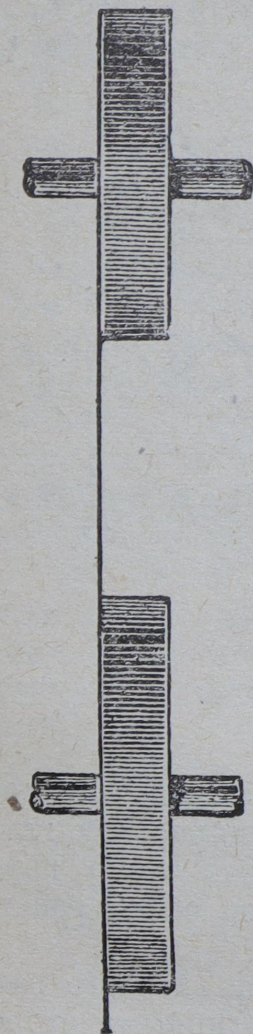
Затем надевают оба шнурка на вал, который должен быть установлен и который в большинстве случаев можно предварительно привести в приблизительно правильное положение; если же последнее невозможно, то вместо вала протягивают шнур. От этого шнура или от вала спускают к полу вески, и таким образом, как и прежде, определяют приблизительно положение оси второго вала; точное же положение средней линии вала получается проверками, для чего сначала кладут две рейки перпендикулярно оси главного вала, и второй вал или протянутый вместо него шнур перебивают до тех пор, пока вески не будут указывать на обеих рейках одинаковое расстояние от главного вала.

Постановка же реек точно под прямым углом к оси главного вала делается или помощью точного угольника с возможно длинными сторонами, или за неимением последнего, помощью еще двух шнурков, которыми замыкают прямоугольный треугольник. Делается это проще всего таким образом: по середине оси вала отмечают отрезок в 3 м длиной, в концах которого вбивают по гвоздю (фиг. 988). В обеих этих конечных точках укрепляют шнурки один длиной в 4 м, а другой—в 5 м; соединяя концы этих шнурков, получаем желаемый прямоугольный треугольник, в котором шнуры длиной в 4 и 3 м образуют между собой прямой угол. Так как здесь главное условие заключается лишь в том, чтобы стороны треугольника относились между собой, как 3:4:5, и так как иногда приходится брать более длинные или короткие шнурки, то можно вместо 3, 4 и 5 брать шнурки длиной в 1,5; 2; 2,5 м или в 6, 8, 10 м и т. д. При установке двух совместно работающих шкивов прежде всего один шкив устанавливают на его место, а другой—по возможности ближе к этому месту. Для определения точного положения последнего протягивают шнурок, который прикасался бы к ободу первого шкива в двух противоположных точках; второй шкив передвигают затем вправо или влево настолько, чтобы и его обод соприкасался со шнурком в двух



Фиг. 989.

противоположных точках. Этим способом мы одновременно определяем, параллельны ли друг к другу оба вала (фиг. 990).



Фиг. 990.

При монтажке кронштейнов на стену или подвесок к потолку прежде всего размечают расположение тех и других на стенах и потолках и просверливают дыры. Просверливать дыры очень широкими не следует; в балках перед вставлением болта прожигают отверстие, протравленное буровом на $\frac{1}{3}$ меньше диаметра болта.

2-й случай. Предположим, что требуется поставить у стены новый вал, подшипники которого расположены на кронштейнах. Среднюю ось такого горизонтального вала, особенно, если он значительной длины, нельзя отметить точно помощью шнура, так как последний будет провисать. Поэтому чертят на стене горизонтальную линию, положение которой соответствует высоте положения вала; делается это помощью линейки, уровня. Затем намечают отверстия кронштейнов, руководствуясь при этом высотой соответственных подшипников, и пробивают в стене отверстия для болтов; после этого прикрепляют к стене кронштейны помощью болтов, но не заливают их. Горизонтальность положения всех кронштейнов для данного вала, принимая во внимание могущую иметься разницу в высоте различных подшипников, проверяется помощью особого уровня, состоящего из двух вертикальных трубок, соединенных резиновым рукавом, каждый же отдельный кронштейн можно установить в горизонтальном положении помощью обыкновенного уровня.

Уровень системы Ленева (т. I, фиг. 37) состоит из двух стеклянных трубок, соединенных между собой резиновым рукавом любой длины. Стеклянные трубки защищены двумя медными, снабженными делениями гильзами. Когда рукав наполнен водою, его соединяют с краниками. Тогда оба уровня могут служить для нивелировки длинных передач и прочее.

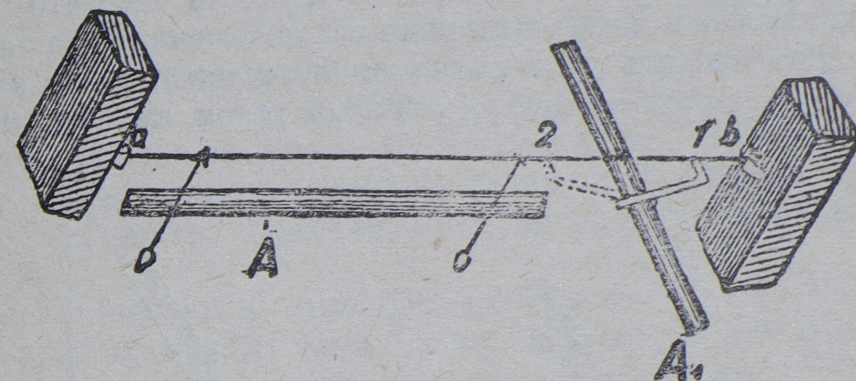
При наполнении прибора водою, следует обращать внимание на то, чтобы пузырьки воздуха не проникали в рукав; для этого необходимо предварительно пропускать через рукав воду.

Разбитые стекла легко замещаются другими. Не имея в виду тщательно относиться к требованиям прибора, следует лучше к нему не прибегать, так как он ведет тогда только к неправильным выводам.

После того как проверили горизонтальное расположение кронштейнов или подвесок, располагают валы, соединяют их муфтами и снова проверяют их горизонтальность помощью уровня с рукавом; в то же время отпускают отвесы, которые, для того, чтобы быстрее их успокоить,

опускаются в горшечки с водою. Визируя отвесы, можно контролировать правильное направление вала, если диаметр валов привода остается по всей длине одним и тем же.

Когда все подшипники уже поставлены и вал уложен в них, проверяют правильность бокового положения вала (т.е. положения его



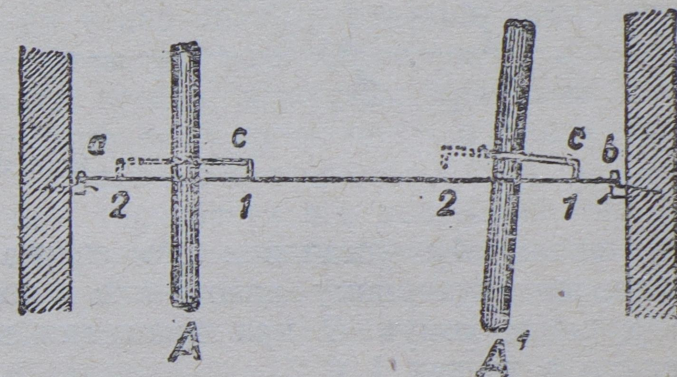
Фиг. 991.

в данной горизонтальной плоскости). При валах одинакового диаметра по всей длине подвешивают на них несколько весков, которые при визировании по направлению вала должны перекрывать друг друга; при валах же с различным диаметром поступают так, как указано в 1-м примере, т.е. отмечают среднюю линию вала на полу помощью вытянутого шнура. Когда окажется, что средняя линия вала расположена правильно как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, тогда следует проверить, легко ли вращается вал в своих подшипниках; и, в случае положительного результата, — можно приступить к заливке стальных болтов цементом.

3-й случай. Два вала требуется установить перпендикулярно друг к другу.

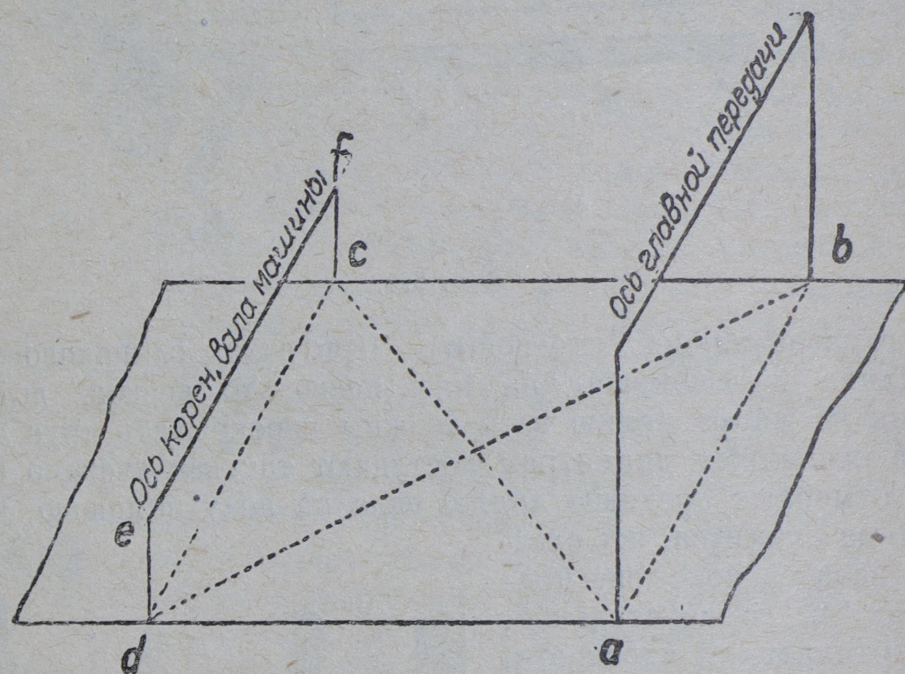
Сначала окончательно устанавливают один вал по указанному выше способу. Положение оси второго вала замечают при помощи наугольника, или построением помощью шнурков прямоугольного треугольника, по способу, указанному в примере 1-м. Второй вал устанавливают также с наблюдением вышеуказанных правил.

При установке двух валов, направления которых составляют прямой угол, можно поступать так, как это изображено на фиг. 991. Натягивают шнур ab строго параллельно уже смонтированному валу A , удобнее всего сделать это, как показано на фиг. 989, при помощи ствесов. После этого направляют второй вал A_1 перпендикулярно к шнуру ab при помощи хомута по следующему способу; вращают вал A_1 , установив его



Фиг. 992.

предварительно на глаз и перемещают его до тех пор, пока хомут при вращении вала будет касаться одинаково точек 1 и 2. Чем длиннее плечо хомута, тем правильнее может быть произведена установка. Также можно проверить и параллельность двух валов (фиг. 992): протягивают шнур ab перпендикулярно к уже смонтированному валу A возможно близко к нему и проверяют перпендикулярность тем, что вращают вал вместе с надетым на него хомутом из положения 1 в положение 2. Если концы хомута при этом равномерно задевают шнур ab , последний строго перпендикулярен к валу A . Точно таким же образом поступают



Фиг. 993.

и с валом A_1 ; установив его сперва на глаз, по возможности близко к перпендикулярному положению к шнуру ab , перемещают его до тех пор, пока хомут C при вращении вала не будет равномерно касаться шнура в точках 1 и 2.

Другой способ: берут чисто оструганную длинную доску и привешивают на ней оси спаренных валов; получаем на доске две пунктирные линии: ab и cd . Если диагонали ac и bd равны между собою, то оси спаренных валов — параллельны (фиг. 993).

При установке зубчатых колес важно не только правильное положение валов, но и соблюдение точного расстояния между осями последних. Последнее обстоятельство имеет место тогда, когда начальные окружности обоих колес находятся в соприкосновении. Если бы оказалось, что расстояние между валами не дано в точных мерах на плане и кроме того на самих шестернях не обозначены начальные окружности, то последние легко найти следующим путем: от окружности впадин по средней радиальной линии зубца откладываем $\frac{4}{7}$ высоты последнего и получаем точку, расстояние которой от центра предыдущей окружности

равняется радиусу начальной. В таком случае зазор, остающийся между зубцами, или, как говорят, игра зубчатого сцепления, равняется $\frac{1}{7}$ высоты зубца. Устраивая передачу, нужно стараться вводить в нее как можно меньше зубчатых сцеплений: кроме потери в полезной работе и беспокойного хода, зубчатые колеса при значительных размерах допускают лишь умеренную скорость вращения и по сравнению с ременной передачей обходятся значительно дороже, в особенности в случае, если они требуют еще подшипников специального устройства.

Во многих случаях, как, например, когда валы приходится устанавливать у двух параллельных стен или у двух параллельных рядов колонн, определение средних линий валов значительно упрощается; иногда также приходится размечать оси не на полу, а на потолке данного помещения.

Все приведенные нами примеры должны давать лишь общее руководство для установки отдельных валов; при сборке же целых больших трансмиссий лучше всего поручать исполнение таких работ монтеру той фирмы, которая взяла на себя доставку всех приводов.

При установке подшипников для валов трансмиссии, следует прежде всего установить их в строго-горизонтальном положении по определенным заранее постоянным точкам.

Если эти точки отстоят далеко одна от другой, то, как мы уже заметили, их следует проверять помощью нивелира Ленева или уровня, состоящего из двух вертикальных стеклянных трубок, соединенных резиновым рукавом. Промежуточные подшипники устанавливаются помощью линейки и обыкновенного уровня. Если у нас имеется стальная линейка вполне точная, т.-е. одинаковой толщины по всей длине, то ее можно положить на вкладыши подшипников без всяких подкладок; при валах же различных диаметров следует во вкладыше соответственного подшипника подложить под линейку подкладку толщиной в половину разности диаметров, чтобы получить горизонтальное положение вала. При деревянной линейке следует на вкладыше подшипников положить под линейку для выравнивания точно припасованные подкладки, которые должны быть точно одинаковой толщины, или же различной, для того, чтобы выравнять разницу в толщине валов.

Если приходится установить подшипники на деревянных балках, то можно пользоваться сначала клиньями для того, чтобы установить подшипники в горизонтальном направлении, а затем приготовить соответственные подкладки.

Можно также обстругать с одной или с двух сторон, или, наконец, по всей поверхности ту часть балки, на которой будет установлен подшипник, для получения надлежащей высоты.

Для проверки бокового положения подшипников протягивают через них шнурок и затем устанавливают их помощью масштаба (линейки) или циркуля.

В некоторых случаях приходится шнурок протягивать над подшипниками; тогда на оба конца вкладышей подвешивают тонкие шнурки с весками, по которым уже устанавливают правильно подшипник.

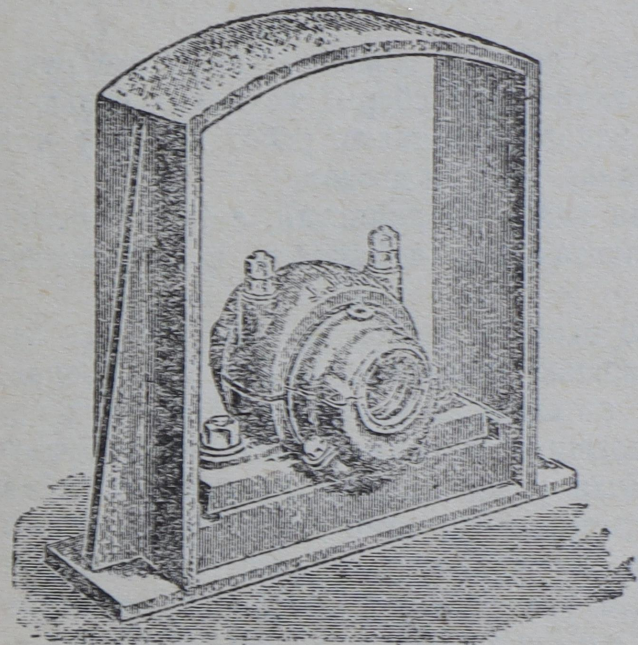
Когда подшипники должны быть прикреплены к колоннам, плоскости соприкосновения должны быть строго вертикальны; если этого нельзя достигнуть, то приходится пользоваться железными подкладками для того, чтобы горизонтальную плоскость кронштейна привести в точно-горизонтальное положение. Если приходится устанавливать кронштейны с отлитыми с ними заодно подшипниками, то установка в этом случае будет гораздо сложнее, так как приходится устанавливать подшипники сразу в горизонтальной плоскости и в боковом направлении.

В этом случае шнурок для бокового направления подшипников приходится протягивать над подшипниками и потому необходимо еще пользоваться шнурками с отвесами; при этом под шнурком необходимо еще

оставить место для линейки, чтобы можно было установить подшипники в горизонтальном положении.

Для установки наклонных валов, отмечают положение шнурка отвеса, соответствующее данному уклону, и затем работают уже, как при горизонтальных валах.

Если приходится кронштейны прикреплять к стенам или устанавливать подшипники на столбах или фундаменте, то прежде, чем привинчивать подшипники, следует выверить горизонтальность положения опорных плоскостей; затем выверяют помощью шнурка боковое направление подшипников. Только после этого можно приступить к заливке цементом кронштейнов или нижних плит подшипников, при чем следует позаботиться



Фиг. 994.

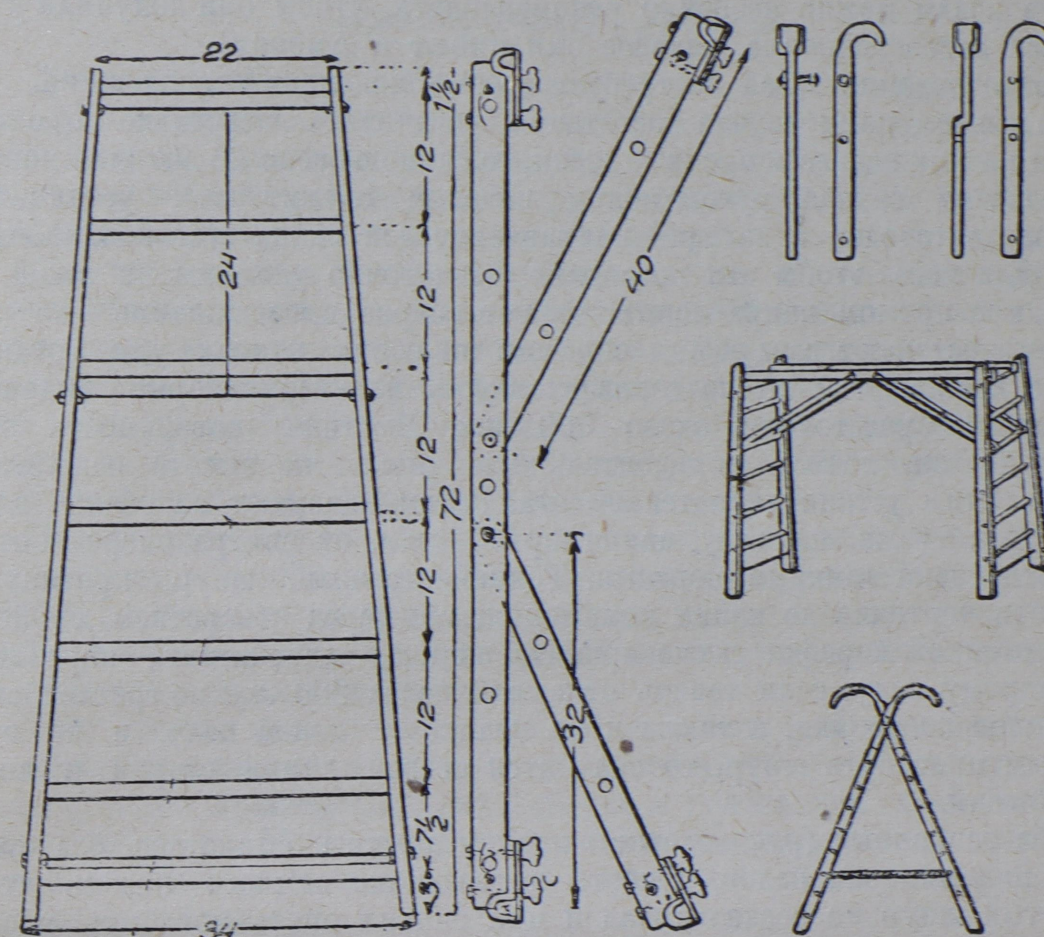
о вытеснении воздуха, дабы не образовались пузыри, мешающие хорошей заливке. Когда цемент в течение нескольких дней высохнет и анкерные болты будут еще раз хорошо подтянуты, можно заложить вал в подшипники, которые предварительно следует хорошо вычистить.

Вкладыши подшипников должны быть хорошо припасованы; необходимо также позаботиться о получении ими чистой и содержащей много жирных веществ смазки.

Очень полезно прежде, чем пустить трансмиссию в работу, давать ей в течение нескольких дней холостой ход при обильной смазке, для того чтобы все части ее приработались.

4-й случай. Пусть двигатель уже установлен в пристройке и сквозь стену пропущена в фабричное здание одна часть коренного вала. К этому валу должен быть присоединен привод, проходящий вдоль всего рабочего корпуса и передающий движение разным приводам, расположенным перпендикулярно к главному приводу. Подшипник уже установленного ко-

ренного вала помещается к стенной коробке (фиг. 994), равно как и последний подшипник нового вала. Остальные подшипники главного вала вдоль продольной стены установлены на стенных кронштейнах. Пусть три из этих кронштейнов имеют на себе по два подшипника, установленных под прямым углом, с передаточными коническими зубчатыми колесами по-



Фиг. 995.

перечных валов. Остальные подшипники для поперечных валов лежат в потолочных подвесках, укрепленных на поперечных балках здания, т.-е. на потолке.

Первая работа при начале монтажки—это устройство хороших подмостков. Прочные подмости облегчают работу и охраняют монтера и его помощников от случайностей. Только тогда, когда монтер получит полную уверенность в прочности подмостков, он может работать успешно и спокойно обдумывать свою работу.

Козлы существующих типов либо жидковаты, либо очень тяжелы и перемещение их из одного места в другое сопряжено с большими неудобствами. Вопрос о перемещении козел еще более усложняется, когда приходится их переместить из одного этажа в другой, или из одного помещения в другое. В последнем случае приходится козлы совсем

разбирать, портить лес и начинать их готовить вновь... а работа не стоит в это время.

Беглый взгляд на приводимую схему (фиг. 995) козел ясно характеризует все их отличительные особенности; они обходятся несколько дороже обыкновенных козел, но они долговечные, очень удобны для разборки и, при малом весе, прочны и устойчивы.

Эти козлы можно особенно рекомендовать, чтобы они получили у нас такое же распространение, каковое они имеют в Америке.

Приготовление козел не требует особых пояснений и указаний.

Во взятом нами случае достаточно установить несколько прочных козел и на них настлат прочные доски, толщиной около 25 мм (дюймовки).

В нашем случае руководящим началом служит вал, установленный над двигателем и дающий направление для вновь устанавливаемых валов. Для того, чтобы эти последние были точно уложены на такой же высоте и в прямом направлении, делают сперва провешивание шнуром, при чем поступают следующим образом: на обоих концах уже установленного вала укрепляют по горизонтальной планке, которые выдаются от вала на расстояние около 300 мм. Верхняя поверхность этих планок должна лежать горизонтально и точно на высоте оси старого вала. Этим устанавливается высота. Затем отмеряют на обеих планках одну и ту же величину, например 200 мм, от центра вперед и отмечают эти точки тонкими чертами. Тонкий прочный шнур, протянутый через эти черточки до конца помещения, где перед отверстием для помещения стеной коробки также прибита планка, дает линию, параллельную старому валу; если теперь отложить назад 200 мм по третьей планке в конце постройки, а также и на планке у конца вала, и по этим отметкам протянуть шнур, то получится осевая линия старой и новой трансмиссий.

Обе основные (руководящие) планки должны оставаться без изменения до установки валов, а черты надрезаются немного ножом, чтобы натянутый шнур не соскальзывал и при снятии опять мог быть уложен точно на то же самое место.

На продольной стене проводится горизонтальная линия на высоте центров посредством длинной линейки и уровня; на этой линии отмечают, соответственно плану, расположение подшипников и в тех точках, которые соответствуют серединам подшипников, проводят посредством угольника и уровня отвесные линии.

Для обозначения мест пролетов для стеновых болтов кронштейнов делают шаблон из жесткого толстого картона или из тонкой доски. На этом шаблоне, имеющем длину и ширину основания кронштейна, наносят отверстия для болтов и намечают горизонтальной линией высоту центров, а вертикальной — середину подшипников. Если центр лежит выше, чем верхний край подошвы кронштейна, то шаблон удлиняют кверху. Затем этот шаблон накладывают на стенку так, чтобы горизонтальная и вертикальная линии на них совместились с ранее проведенными на стене такими же линиями. Отверстия для болтов, вырезанные в шаблоне, отмечают на стене шилом, чертилкой.

Когда отверстия для болтов таким образом будут намечены, заставляют каменщика пробить их в стене. Кронштейны подтягиваются болтами, на которые с наружной стороны стены надеваются чугунные шайбы, и временно привинчиваются, а стеновая коробка вставляется в сделанное в стене отверстие.

Проверочные работы.

Для проверки подшипников употребляют полуцилиндры, сделанные из твердого дерева. Эти полуцилиндры, полукруглые деревянные болванки, имеют длину вдвое большую, чем длина подшипников, а диаметр — равный внутреннему диаметру подшипников. Они изготавливаются в столярной мастерской и передаются монтеру.

Для изготовления болванок склеивают два соответственных куска дерева, проложив между ними лист бумаги, и обтачивают болванку точно по цилиндру до соответственного диаметра. Ось этого цилиндра должна точно проходить через бумажную прокладку. После обточки раскалывают цилиндр по бумажной прокладке и полученные полуцилиндры принимают за точные до толщины полудиаметра вала. Посреди плоской поверхности, вдоль оси, проводят риску (см. т. I).

Эти полуцилиндры вкладывают при монтажке в подшипники, снявши с них предварительно крышки, и выверяют кронштейны при помощи клиньев из твердого дерева, забиваемых между стеной и основанием кронштейнов так, чтобы средние линии полуцилиндров были расположены точно по направлению шнура.

При помощи точной параллельной линейки и пузырькового уровня выверяют каждый подшипник отдельно и все вместе под одну линию центров, затем промежуток между стеной и основанием кронштейна заливают цементом. Если при таком способе вся монтажка произведена правильно, то при укладке валов не потребуется более никакой дополнительной работы.

Совершенно неправильно будет, если уложить сперва вал, и затем уже устанавливать подшипники, ибо при этом валы между подшипниками легко прогибаются, вследствие чего уровень показывает неверно. Нагревание валов и подшипников во время движения указывает в большинстве случаев на неправильность установки. Перед установкой валов следует все подшипники и отверстия для смазки тщательно вычистить и немного смазать.

Вообще аккуратность при монтажке весьма важный фактор; за нею следует особенно наблюдать там, где в том же помещении еще работают каменщики, штукатуры и т. п. Если установленная трансмиссия не сейчас же будет пущена в ход, следует все подшипники обмотать сперва бумагой, а затем чистыми тряпками.

Разбивку поперечных линий следует производить до установки валов. Посредством отвесов провешивают на пол уже ранее намеченные центры подшипников и соединяют полученные точки прямой линией. От этой линии центров подшипников помощью больших угольников можно

провести на полу перпендикулярные линии для направлений поперечных валов.

Для длинных линий этот способ, однако, не вполне точен, почему лучше поступать следующим образом: откладывают штангенциркулем в правую и левую стороны от середины подшипников равные части, например 1 м, затем удлиняют штангенциркуль, насколько возможно, и из точек, раньше отложенных по бокам подшипников, этими радиусами чертят дуги по линиям направлений поперечных приводов, соединяют прямой линией точки пересечений этих дуг с точками, соответствующими серединам подшипников, и эта линия будет уже точно перпендикулярна к главной линии валов. Если, теперь, через эти две точки протянуть шнур до противоположной стены, то на стене и получим конечную точку направления поперечного вала. Эту конечную точку переносят при помощи отвеса на деревянную планку, укрепленную на должной высоте.

Шнур, протянутый от этой точки через среднюю линию полуцилиндра, лежащего в подшипнике, указывает направление оси поперечного привода. Если пол загроможден или еще не готов, то этого способа, конечно, применять нельзя. Тогда протягивают от первого подшипника поперечного вала, помещенного на кронштейне для пересекающихся валов, через центр шнур к планке, прибитой на противоположной стороне, и проверяют направление шнура по возможности более длинным угольником, приложив его на-глаз к линии. Но так как это недостаточно надежно, то проверяют прямоугльность следующим образом: от точки пересечения главной линии с поперечной по направлению шнура главной линии в одну сторону длину в 4 м, а по направлению шнура поперечной линии откладывают от той же точки длину в 3 м. Если угол точно прямой, то расстояние между этими точками в точности должно быть 5 м. Если этого не окажется, то следует конец шнура поперечной линии подвигать вдоль вспомогательной планки на стене до тех пор, пока это расстояние не выйдет точно в 5 м. Кроме первого подшипника, установленного на стенном кронштейне, обыкновенно поперечные валы укладывают в потолочные подвески. Так как потолочные подвески были бы недостаточно устойчивы, если их прикреплять непосредственно к балкам здания, то на тех местах, где приходится подвески, соединяют каждую пару балок посредством накладок и привинчивают потолочные подвески к ним помощью болтов с гайками. Накладки привинчиваются к балкам шурупами. Временно установленные подвески проверяются, как и при установке главного вала, при посредстве полуцилиндров, в прямолинейном направлении по шнуру, а по высоте—посредством линейки и уровня.

При установке кронштейнов с перекрестными подшипниками следует наблюдать, чтобы центры обеих линий валов лежали точно на одной высоте. Конические шестерни и лучшего изготовления не могут хорошо работать, если их оси не лежат в одной плоскости.

Когда все для установки валов таким образом подготовлено, приступают к укладке их, причем одновременно надевают на них кониче-

ские шестерни и шкивы для ремней. Соединение валов муфтами—последняя работа. Если трансмиссия вращается быстро, то все шестерни и шкивы должны быть уравновешены, так как даже наилучшим образом установленная трансмиссия не будет иметь покойного хода, если шкивы не будут уравновешены.

При монтажке вертикальных валов, если, как обыкновенно, главный привод расположен внизу, устанавливают сперва нижний подшипник под прямым углом к существующей трансмиссии и затем уже устанавливают верхний подшипник по отвесу, опущенному в центр нижнего подшипника. Промежуточные подшипники устанавливаются по вложенным в них полуцилиндрами при помощи отвеса и углового уровня, затем плиты привинчиваются и заливаются цементом.

Прежде устанавливали фундаментные плиты под коренные подшипники на каменные быки, которые подчищались до тех пор, пока плита точно не устанавливалась по отвесу и не касалась везде лица быка. Оставшиеся пустоты заливали слегка подогретой жидкой серой. В настоящее время фундаменты делают по большей части из бетона или же из кирпича; быков не доводят до нормальной высоты на 2—4 см и выверяют положение подшипников железными клиньями. Когда подшипники будут правильно установлены, подливают под фундаментную плиту цементный раствор, а вместе с тем им же заливают и фундаментные болты, вложенные в свои гнезда.

Такая установка дешевле и если она правильно произведена, то столь же прочна, как и установка подшипника заподлицо на плитном фундаменте. Фундаментные болты, конечно, можно затягивать только тогда, когда цемент совершенно окрепнет.

Укажем еще на следующий способ проверки горизонтальности уже работавших приводных валов. Проверку эту время от времени производить необходимо.

Пусть *F* на фиг. 996 и 997 представляет собою установленный нами приводный вал по данному направлению, и мы желаем выяснить, горизонтально ли он расположен.

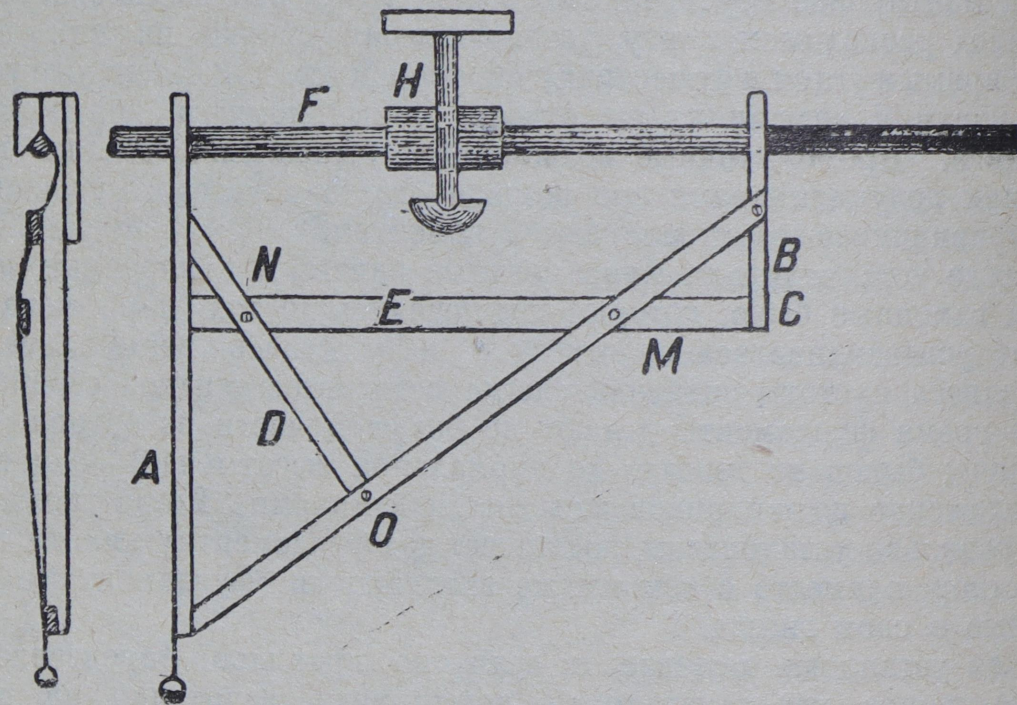
Вал *F* расположен на подвесках *H*.

К валу *F* приладим легко изготовляемое приспособление, изображенное на фиг. 997, где *A* и *B*—две стойки до 5" ширины и 1" толщины. По широким сторонам по середине их проведены две резко обозначенные риски.

В своей верхней части стойки эти снабжены вырезами формы *Г*. Эти вырезы у обеих стоек *A* и *B* должны точно совпадать, а потому при изготовлении их стойки удобнее соединить сразу струбчинкой и произвести одновременно этот вырез. Для этого, взяв на риску точку и приняв ее за центр, проводят окружность в 4"; к верхнему концу диаметра проводят 2 касательные, высверливают эту дыру и придают уже дальше вырезу форму, указанную на фиг. 996, слева, пользуясь ножовкой и придерживаясь точно кромки вышеприведенных касательных.

Сторону *A* делаем возможно длиннее; стойку же *B*—не длиннее 1 аршина. Тяга *E* и упоры *C* и *D* способствуют образованию с стойками

A и *B* неразрывного, неподвижного целого. Так как стойки *A* и *B* должны быть между собою параллельны и должны иметь вертикальное направление, то тяга *E* должна быть расположена к стойкам *A* и *B* под прямым углом; будучи связана с упорами *C* и *D* помощью шурупов *N*, *M* и *O*, положение стоек остается неизменным.



Фиг. 996.

Фиг. 997.

Проверив после изготовления описанного приспособления параллельность стоек *A* и *B*, навешивают его на вал, горизонтальное положение которого проверяют. Вал тогда будет расположен горизонтально, если отвес будет совпадать с ранее проведенной риской.

Припасовка вкладышей к валу и подшипникам.

Само собою ясно, что перед тем, как вал располагается в вкладышах своих подшипников, сами вкладыши должны быть припасованы к валу с одной стороны и, кроме того, они должны правильно прилегать к гнезду самого подшипника.

Припиливание вкладышей к гнезду производится следующим образом.

Поверив напильником спинку вкладыша, спиливают бока, наблюдая при этом, чтобы обе боковые стороны подшипника составляли прямой угол со спинкой и были вполне параллельны между собою. Затем, когда бока будут сплены достаточно, что узнается помощью кронциркуля, вкладывают подшипник в гнездо, окрасив предварительно стенки последнего тонким и ровным слоем сурика, и забивают его легкими ударами. Вынув подшипник обратно, спиливают те места, к которым пристала

краска, и продолжают поступать таким образом до тех пор, пока спинка подшипника не упрется в дно гнезда.

К шейкам вала вкладыши припиливаются тоже с помощью краски. На покрытую краской шейку вала накладывают подшипник и поворачивают вокруг шейки, после чего окрашенные места спиливают напильником и выскребают шабером, и так поступают до тех пор, пока вся поверхность подшипника не будет покрываться более или менее равномерно краской; при этом у зажимов вкладыши могут и не покрываться краской, что даже лучше. После этого в подшипниках сверлят отверстия и прорубают канавки для прохода смазки.

Считаем здесь необходимым заметить, что при скреплении подшипников, кронштейнов и подвесок к деревянным подкладкам, под гайки или головку, приходящуюся к деревянной подкладке, следует проложить шайбу. Дыры для болтов должны быть просверлены буром несколько меньше диаметра болта, и лучше вбивать болт, чем просверливать большую дыру.

Часто приходится видеть установки, где под плитой подшипника установщик привода подкладывал деревянную *с т р у ж к у*, рассчитывая на нее, как на нечто способное поддерживать весь привод под уровень.

Нередко многие прибегают тоже, при необходимости тонких подкладок, к картону, что совсем неправильно.

Все это—приспособления для моментальной рихтовки, и полагаться на правильное их действие отнюдь не следует. В подобных случаях необходимо руководствоваться только следующим.

Когда подкладка должна быть очень тонкой, то лучше сострогать, поддолбить балку.

В случае, когда подкладка должна быть несколько толще, лучше выбрать другой брус для подкладки. При установке приводов, больше чем при всякой другой установке, нужно помнить, что время, потраченное на совершенную установку, и время, потраченное на несовершенную—почти равны друг другу. Но при совершенной установке больше с приводом возиться не приходится, а при несовершенной—на перерихтовку требуется почти столько же времени, сколько и на новые установки. Таким образом, приходится тратить двойное время.

Выясним еще значение правильной конструкции подшипника на общее состояние привода и на расход движущей силы на него.

В самом деле: пусть имеем привод на 200 лш. сил.

Опытными исследованиями констатировано, что коэффициент трения железного вала во вкладыше из бронзы для белого металла составляет:

При смазке обыкновенной, при обыкновенном подшипнике—0,075.

При смазке обильной, что возможно только при самосмазывающихся подшипниках—0,054.

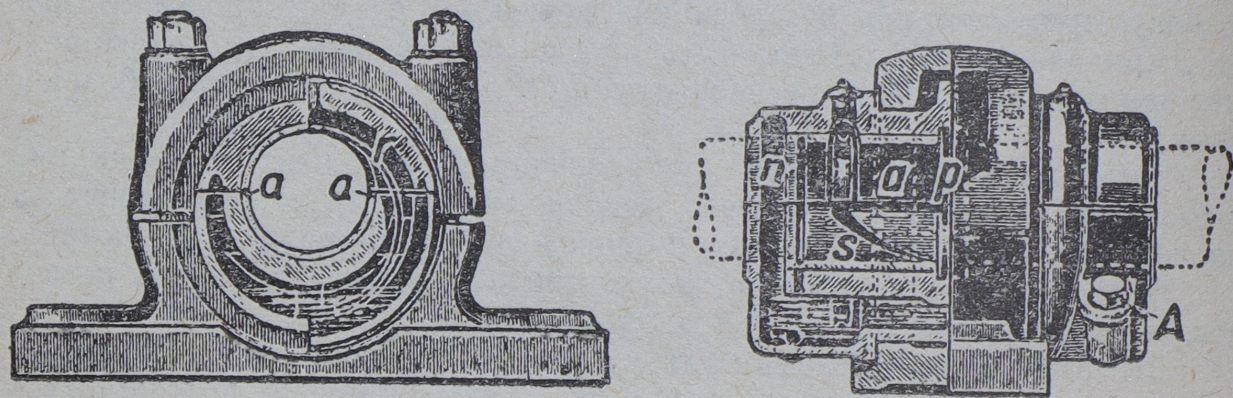
Но работа трения пропорциональна коэффициенту трения, и так как опытными исследованиями выяснено, что привод с обыкновенными подшипниками поглощает 16—25 проц. всей передаваемой им силы, то ясно, что, приняв даже только 16 процентов, этот же при-

вод при обильной смазке, возможной только, как уже сказано, при применении самосмазывающихся подшипников, должен будет поглощать не 32 силы, а лишь $32 \frac{0,054}{0,075} = 24$ лошади. силы.

Таким образом, получили сбережение в $32 - 24 = 8$ лощ. сил.

Пусть лошадиная сила в час стоит в среднем около 4 коп. Примем рабочий день в 24 часа, а рабочий год в 300 дней; при этих условиях общее годовое сбережение может составить сумму в 4. 23. 8. 300 = 2208 рублей.

Экономия в 25 проц., о которой уже следует задумываться.



Фиг. 998.

Остановимся на описании конструкции самосмазывающихся подшипников сист. И. Иона (в Лодзи).

Самосмазывающиеся подшипники типа И. Иона готовятся трех типов:

1) Подшипники для валов с большим числом оборотов и небольшим напряжением на изгиб.

2) Подшипники для валов (от 55 до 125 мм) с большим числом оборотов при значительном боковом напряжении.

3) Подшипники применяемые преимущественно для коренных валов и главных приводов, нагруженных тяжелыми шкивами.

По фиг. 998 вид спереди и разрез подшипника второго типа.

По внешнему виду подшипники первого типа мало отличаются от подшипника второго типа; что же касается подшипника третьего типа, то главное его отличие заключается в том, что вкладыши не имеют выпуклостей, а потому они плотно и неподвижно прилегают к цилиндрически выточенному корпусу подшипника.

Как видно из фиг. 998, вкладыши подшипников второго типа состоят из двух половин, снабженных сферическими выпуклостями, упирающимися в соответственные углубления в крышке и в основании корпуса подшипника. Сферический зажим имеет большое значение для точной установки приводов, как как он допускает известную подвижность вала как во время сборки, так и во время работы трансмиссии.

Смазка подшипника совершается автоматически при помощи чугунных колец *г* (фиг. 998), нижняя часть которых погружена в масло, налитое в резервуар, расположенный в самом корпусе подшипника.

Кольца эти висят свободно на валу; при вращении последнего они приводятся в движение силою трения и таким образом уносят с собою масло вверх.

Работающее масло собирается по канавкам *а* в нижней половине вкладыша, отсюда по наклонным каналам *з*, прорезанным на внутренней поверхности нижнего вкладыша, оно стекает вниз и проходя, таким образом, равномерно по всему валу в пределах вкладыша, опять попадает в резервуар кольцевыми каналами *п* и дырочками.

Чтобы из подшипника не выливалось масло, уровень его в резервуаре не должен достигать нижней поверхности вала; с этой целью в корпусе подшипника находится сбоку прилив, поднимающийся до такой высоты, дабы наливаемое через него масло не приходилось выше допускаемого уровня.

Внизу резервуар снабжен отверстием для выпуска отработанного масла, которое после фильтрации опять можно употребить в дело.

Оба упомянутых отверстия закрыты винтовой пробкой.

Для избежания передвижения приводного вала вдоль оси, вал снабжают так называемым обварком, приходящимся по середине вкладыша и упирающимся в соответственное в этом последнем углубление.

Следует заметить, что каждая самостоятельная линия приводов, какой бы длины она ни была, должна непременно иметь один такой обварок с соответственным для него подшипником.

Если на одной приводной линии находятся уравнильные, фрикционные или куличные муфты, то каждый отрезок вала между ними следует рассматривать как самостоятельную часть и требующую, следовательно, обварку, заменяющего стопорное кольцо.

Вкладыши подшипника не требуют никакого особого уплотнения, так как они вполне плотно обхватывают вал и взаимно соприкасаются долевыми кромками-зажимами. Благодаря этому, самая слабая затяжка болтов сама по себе вполне достаточна для точного уплотнения.

Следует заметить, что смазочные кольца доставляются цельными; при монтаже привода их следует резать пополам и, наложив на вал, — связывать проволокой.

Влияние подшипников на экономичность в расходе мощности машины—двигателя.

Существенное преимущество подшипника типа И. Иона, между прочим, в том, что корпус его снабжен приливами *А* с каналами, закрытыми винтовой пробкой и поднимающимся только до такой высоты, дабы по ним заливаемое масло не приходилось выше допускаемого уровня в резервуаре.

На практике, впрочем, часто замечается, что рабочий вместо того, чтобы пользоваться упомянутыми отверстиями, исключительно

предназначенными для смазки, паливает масло другими каналами, расположенными в верхней части вкладыша и служащими только для контроля смазочных колец.

Очевидно, при таком уходе, и смазывание производится уже не обильно, и не удивительно, что масло вытекает из подшипника.

Поэтому, если нельзя ручаться, что смазчик будет производить заливку каналом А, следует верхние отверстия забить деревянными кольцами и притом так крепко, дабы рабочий не мог их открыть. При этом следует предварительно убедиться, что у пущенной в ход смонтированной трансмиссии кольца действуют правильно.

Касаясь вопроса об уходе за этими подшипниками следует заметить, что:

1. Никогда не следует наливать масло во время движения приводов.
2. Уровень масла не должен лежать выше, чем это допускается высотой канала А, т.е. должен на 10—15 мм ниже вала в малых и на 15—20 мм в больших подшипниках.
3. Свинцовые подкладки при отверстиях для выпуска масла, следует при каждой смене масла старательно осмотреть и негодные заменить новыми.
4. Масло, налитое в первый раз, следует заменить по прошествии нескольких дней.
5. Вторичный выпуск масла должен последовать по истечении 10 до 14 дней.
6. Следующие затем выпуски масла должны происходить в четырех до пятимесячных промежутках.

После всего сказанного ясно, какое громадное значение имеет применение самосмазывающихся подшипников в том случае, когда подшипник, по ситуационным условиям, должен быть помещен в недоступных местах.

К сожалению, у нас очень часто плохо, или, скажем, вовсе не проектируется общее расположение на фабриках и заводах; ставят шкивы и подшипники как попало, не составив даже предварительно общего чертежа.

Неудивительно после этого, что у нас на редком производстве не найдете опасного подшипника, который стоит много волнений техническому персоналу предприятия.

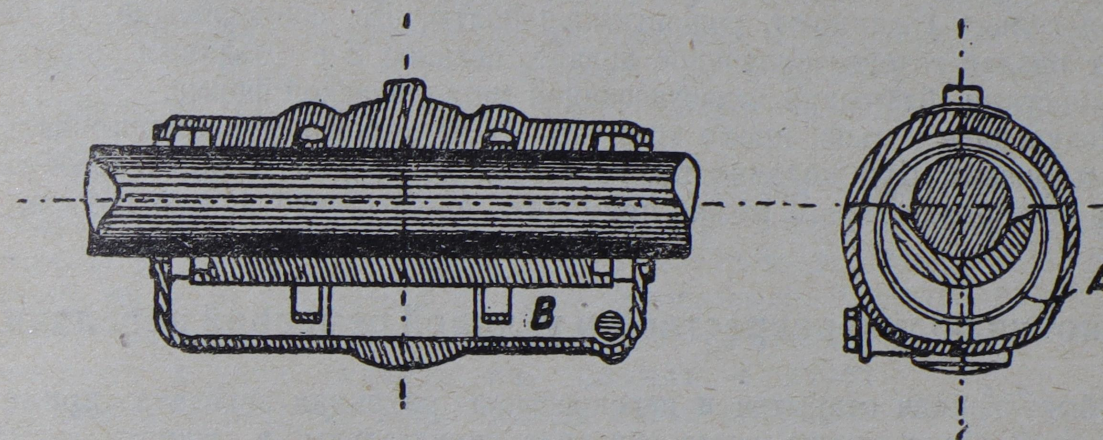
Подшипники со смазывающими кольцами дают в практической работе отличные результаты. Общее устройство такого рода подшипников выясняется из фиг. 999. Задача кольца А заключается в поднятии масла из ванны В и в распределении его по поверхности трения вала. При монтаже вала кольцо должно быть надето на вал на месте сборки, и потому оно делается составным.

Обыкновенно применяют следующего устройства кольца:

- 1) кольцо из цепи Галля;
- 2) кольцо из нескольких спиральных витков проволоки, спаянных вместе;
- 3) кольцо из шариков, соединенных вместе;

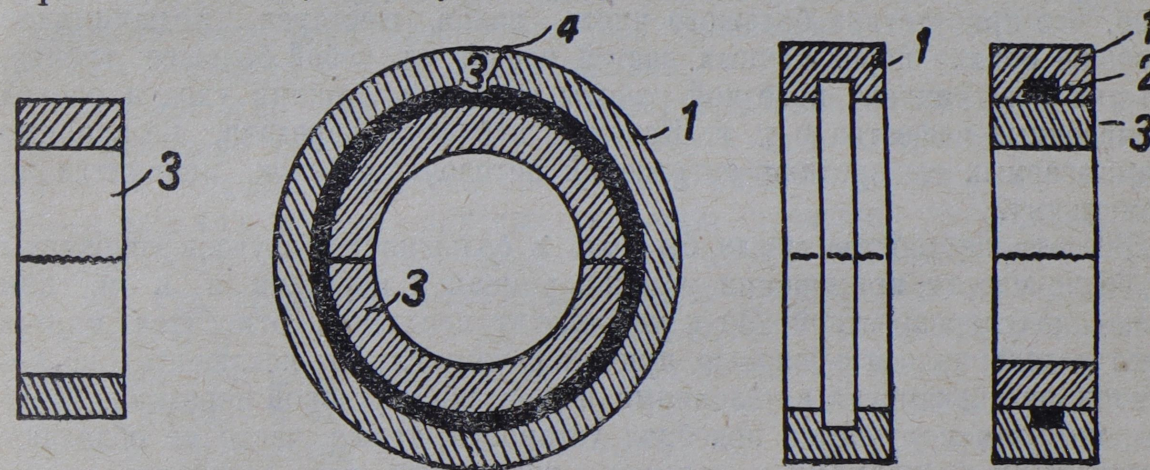
4) гладкое точеное кольцо из двух половинок с канавкой снаружи, и в которой навивается проволока, соединяющая обе половины кольца в одно целое.

Кому приходилось возиться с этими кольцами, тот согласится, что в их конструкции много несовершенств.



Фиг. 999.

Кольца указанных конструкций то защемляются в канавках, сделанных для них в теле подшипника, то концы их расходятся; они задирают тогда вал или же перестают совсем вращаться, и подшипник, полный масла, греется, тратится работа напрасно и, пока будет обнаружена неисправность кольца, много уйдет напрасно энергии.



Фиг. 1000.

Фиг. 1001.

Следующий способ дает возможность легко получить на валу цельное гладкое кольцо, которое, как показала практика, работает вполне удовлетворительно и не вызывает вышеперечисленных неприятностей.

Кольцо получается отливкой прямо на валу на месте сборки его.

Для отливки смазочного кольца 2 (фиг. 1001) на вал надевается сперва чугунное составное кольцо 3, а на него надевается кольцо 1 (фиг. 1000), имеющее с внутренней стороны паз таких размеров, каких

желательно получить смазочное кольцо; кольцо 1 состоит из двух половинок и имеет сбоку болты, которыми и соединяется в одно целое.

Затем в отверстие 4 кольца 1 наливается расплавленный белый металл (баббит); он заполнит собою всю полость кольца 1.

По остывании отлитого кольца чугунное кольцо 3 сдвигают в сторону, а кольцо 1 снимают, развинтивши болты, его соединяющие, и получают вполне готовое смазочное кольцо, цельное и с гладкими вполне поверхностями, благодаря вышеуказанной металлической форме.

Полученное кольцо, кроме того, что будет хорошо функционировать, будет и дешево. При поломке такого кольца не трудно его вновь возобновить и материал старого можно применить при отливке нового кольца.

Установка полуперекрестной и угловой ременной передачи.

Обыкновенная открытая и перекрестная ременная передача применима лишь в том случае, когда оба вала параллельны и шкивы лежат в одной плоскости. Но если эти условия не могут быть соблюдены, а также в том случае, когда между шкивами расположены посторонние предметы, или шкивы находятся на слишком близком расстоянии друг от друга, обыкновенная ременная передача неприменима, прибегают к другим родам передачи: цилиндрическим и коническим зубчатым колесам, устанавливаемым в надлежащем числе на промежуточных валах. Подобными приспособлениями хотя и достигают в конце концов цели, но понятно, что присутствие большого числа валов, шестерен, подшипников и вообще обилие передаточных частей влечет за собой большее трение, меньший коэффициент полезной работы передачи, лишняя усадка и расход на смазочные вещества и т. п. Наконец, зубчатая передача, независимо от вызываемых ею вредных сотрясений потолочных балок, неприятна по своему шуму.

Все эти неудобства могли бы быть в большинстве случаев устранены при более частом применении угловой ременной передачи и в частном случае—полуперекрестной. Но к устройству последней относятся иногда как-то недоверчиво и с боязнью, причиною чему служит исключительно недостаточное знакомство с условиями и действием угловой передачи. Монтеры, которым поручается подобная установка, также часто не обладают достаточными познаниями и навыком, вследствие чего случается даже иногда, что верно рассчитанная передача на практике не осуществляется, а прибегают опять к громоздкому, но излюбленному зубчатому сцеплению.

Каких только безосновательных доводов не приходится выслушивать в защиту столь пренебрежительного к угловой передаче отношения! Так, например, распространено мнение, что она будто бы годна лишь для передачи малого числа лошадиных сил. Но это только заблуждение. Сотни сил могут быть отлично переданы, если только будут приняты во внимание все обстоятельства и сделаны верные подсчеты, причем не представляет никакого затруднения и разобщение рабочих машин с дви-

гателями: холостые шкивы могут быть применяемы и в данном случае с успехом.

Перейдем сначала к рассмотрению действия ременной передачи вообще, чтобы перейти затем к угловой передаче в частности.

Когда оба шкива расположены в одной и той же плоскости, как это изображено на фиг. 1002, возможна открытая и перекрестная ременная передача. В первом случае вращение обоих шкивов будет происходить в одну и ту же сторону, во втором—в разные, причем направление вращения может быть вообще в обоих случаях произвольно изменено.

Существенным условием возможности передачи является то обстоятельство, чтобы набегающая часть ремня лежала в одной плоскости с средней плоскостью шкива; сбегающая же часть может и уклоняться от этого направления. В случае на фиг. 1002 слева все четыре общие касательные, которые можно провести к двум окружностям, лежащим в одной плоскости, и которые представляют собою направление ремней, совпадают с общей плоскостью обоих шкивов.

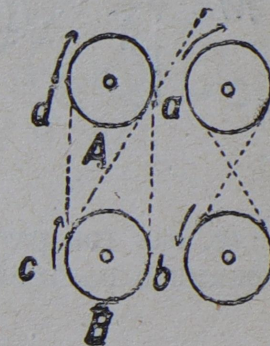
Посмотрим теперь, насколько возможно изменить положение обоих шкивов, не нарушая вышеупомянутого условия.

Если шкивы будут повернуты так, что будут находиться в разных плоскостях, то, по приведенному условию, и набегающие части ремней должны лежать в различных плоскостях, ибо плоскости их должны совпадать с плоскостями шкивов.

Отсюда ясно, что взаимное положение шкивов на фиг. 1002 может быть изменено лишь таким образом, чтобы при открытом ремне его часть ab оставалась в одной плоскости с нижним шкивом B , а часть cd —с верхним A , т. е., другими словами, вращение плоскостей обоих шкивов будет происходить около прямой ac , соединяющей точки a и c . Прямая эта, представляющая собой общую касательную к окружностям в точках a и c , будет в то же время линией пересечения плоскостей обоих шкивов. Наибольший перегиб при движении ремня будет происходить именно в этих точках a и c (так как ремень не абсолютно гибкое тело, то переход будет постепенным), где ремень сбегаёт со шкива. Эта линия ac , соединяющая обе точки, в которых ремень оставляет оба шкива, представляющая собою общую касательную к обоим окружностям, и служит осью вращения при взаимном повороте шкивов, причем открытая передача переходит в перекрестную.

Из сказанного можно вывести следующие весьма важные для практики положения, вытекающие одно из другого.

1) Шкивы, находящиеся в различных плоскостях, должны быть, для возможности угловой передачи, расположены так, чтобы прямая пересечения их средних плоскостей совпадала с общей касательной к окружностям шкивов.



Фиг. 1002.

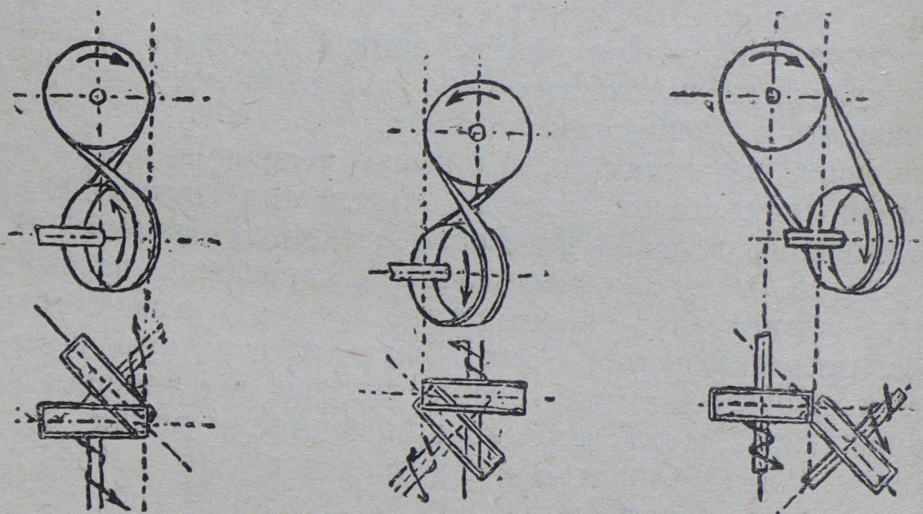
2) В точках касания этой общей касательной ремень должен сбе-
гать со шкивов, а потому при каждом данном положении шкивов вра-
щение возможно лишь в
одном направлении.

После этих предвари-
тельных объяснений перей-
дем к выводу некоторых
чисто механических пра-
вил, облегчающих в раз-
личных случаях на прак-
тике установку шкивов.

Мы начнем со случая
полуперекрестной переда-
чи, т.-е. когда плоскости
шкивов при соблюдении
вышесказанных условий об-
разуют между собою угол
в 90° . При этом мы всегда
будем пользоваться двумя
видами, — сбоку и сверху

Фиг. 1003.

(или, как говорят, вертикальной проекцией и горизонтальной), ибо иначе
взаимное положение шкивов не может быть достаточно наглядно уяснено.



Фиг. 1004.

Предположим, что требуется передать движение от горизонтального
вала A вертикальному валу B (фиг. 1003). Встанем лицом к шкиву M
таким образом, чтобы вал B приходился справа, как на фиг. 1003 слева.
При этом могут встретиться следующие два случая.

1) Шкив M вращается по направлению часовой стрелки, т.-е. ремень
будет сбежать с него к точке m_1 .

В этом случае шкив N должен быть всегда расположен на верти-
кальном валу B выше шкива M так, чтобы плоскость его была на од-

ной высоте с точкою m_1 (общая касательная горизонтальная). Самый же
вал B может быть помещен или за плоскостью шкива A (если мы стоим
лицом к последнему) — в таком случае вал B будет вращаться от нас
слева направо (фиг. 1003—2a), или же вал B будет находиться перед
плоскостью шкива M , — тогда он будет вращаться от нас справа налево
(фиг. 1003—2b).

2) Шкив M вращается против направления часовых стрелки, т.-е.
ремень сбегают с него в точке m .

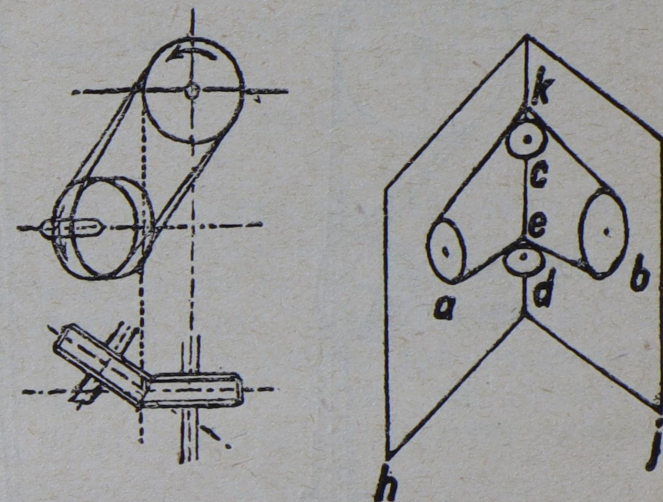
Тогда шкив N будет находиться на валу B ниже центра шкива M ,
на уровне точки m ; причем опять возможны два случая:

Когда необходимо, чтобы
вал B вращался от нас слева
направо: помещаем его для
этого за плоскость шкива M
(3a); если же необходимо
чтобы вал B вращался от нас
справа налево, то ставим его
перед плоскостью шкива M
(отодвигая на величину ра-
диуса) (3b).

Разсмотренных случаев
полуперекрестной передачи
вполне достаточно, для того,
чтобы уметь ориентироваться
в каждом отдельном случае.
Поворачивая соответствующим
образом фигуры, можно всегда их приспособить и пользоваться ими для
данного случая.

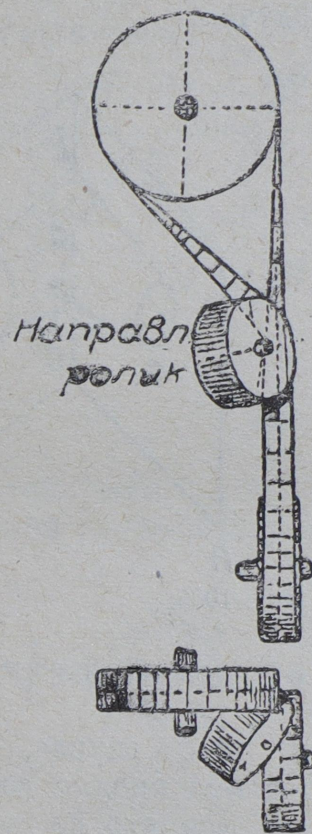
Что касается угловой передачи вообще, т.-е. того случая, когда
плоскости шкивов образуют угол больший 90° , то и она вполне возмож-
на и не составит никаких затруднений, если только принято во внима-
ние то необходимое условие, при котором прямое пересечение плоско-
стей совпадает с общей касательной к окружностям обоих шкивов.
Желаемое направление вращения и в данном случае зависит от относи-
тельного расположения обоих шкивов. Некоторые случаи представлены
на фигурах 1004 и 1005, причем направление вращений обозначено
стрелками. Так как в данном случае возможно большее количество раз-
нообразных положений, чем при полуперекрестной передаче, то трудно
дать сводку механических правил, но освоившаяся с предыдущим уста-
новка в каждом отдельном случае не затрудняет.

Спрашивается теперь, возможна ли ременная передача от одного
шкива к другому, если они расположены произвольно, без соблюдения
того правила, что прямая пересечения их плоскостей была бы общей ка-
сательной к окружностям, например, возможна ли передача (фиг. 1005
справа) от шкива a в плоскости h к шкиву b в плоскости j ? Да, воз-
можна, но непосредственная, а с помощью промежуточных направ-
ляющих шкивов или роликов.



Фиг. 1005.

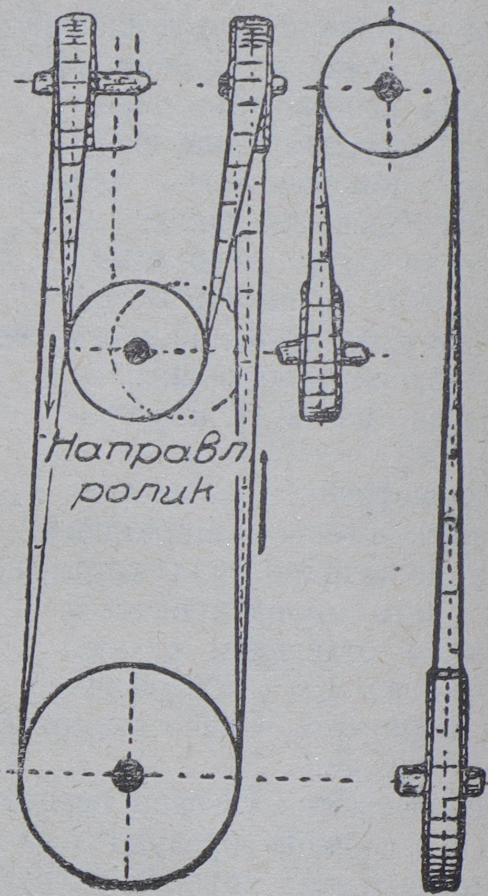
В самом деле, проведем из двух каких-нибудь точек k и e общей линии пересечения этих плоскостей касательные в каждой окружности и в плоскостях обеих касательных в известных точках поместим еще по шкиву c и d , для которых эти касательные были бы тоже касательными. Если мы теперь обовьем все четыре шкива одним ремнем, который ляжет по направлению касательных, то получим правильную передачу, при чем она будет действовать правильно в любом направлении. Вся суть



Фиг. 1006.

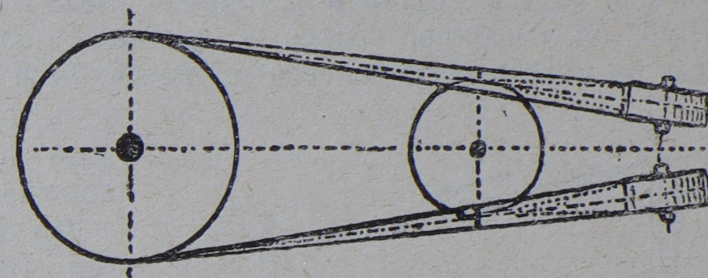
заключается здесь в том, чтобы на прямой пересечения плоскостей шкивов происходил бы сгиб ремня, выход его из одной плоскости в другую, а это возможно лишь в том месте, когда ремень со шкива сбегает, так как набегающая часть должна находиться уже в плоскости следующего шкива; поэтому-то и ставят промежуточные шкивы у линии пересечения плоскостей обоих шкивов.

Примеры передачи направляющими роликами показаны на фигурах 1006—1008, причем последними пользуются для перевода ремня с рабочего шкива на холостой (фиг. 1007 слева), а также в том случае, когда валы параллельны, но шкивы их не совпадают (фиг. 1007 справа). Направляющие ролики применяются также и в том случае, когда обыкновенная передача не может иметь места, вследствие близкого взаимного расстояния валов (фиг. 1008).



Фиг. 1007.

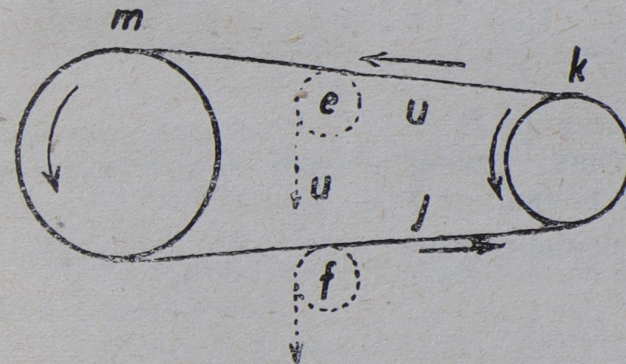
Часто приходится замечать, что диаметр направляющих роликов берется слишком малым. Не следует забывать что диаметр ролика должен быть по крайней мере в 100 раз более толщины ремня. Небрежное отношение к устройству направляющих роликов влечет за собою порчу ремня. Встречаемые иногда направляющие ролики с закраинами на ободе ни в коем случае не должны быть терпимы. Закраины будто бы делаются для того, чтобы предупредить спадение ремня, но это ошибочное мнение. Единственное средство для достижения этой цели заключается в том, что поверхность обода делают слегка выпуклой, благодаря чему часть ремня, прилегающая к выпуклости, будет обладать несколько большею скоростью и натяжением, так что, если ремень и отклонится в сторону, то будет сейчас же направлен снова на середину обода. Употребление плоских ободов с закраинами ведет лишь к тому, что ремень при отклонениях трется о закраины и изнашивается, принимая сперва вид буквы J , а в конце концов свертывается и разрывается от чрезмерного напряжения.



Фиг. 1008.

Некоторые соображения при пользовании ременными передачами.

Диаметр и ширина шкивов, работающих при данной передаче, находятся в зависимости не только от передаваемой ими работы, но и от толщины применяемых ремней.



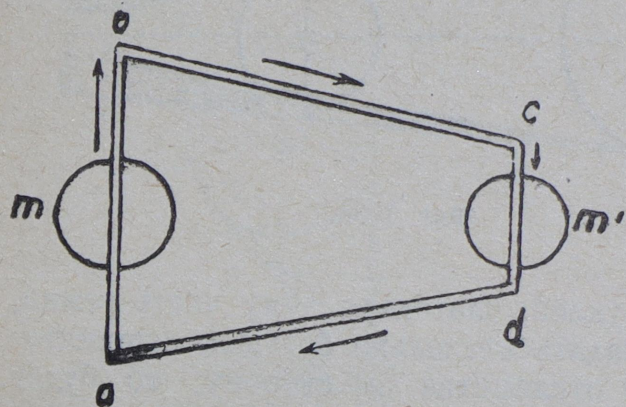
Фиг. 1009.

Уясним себе прежде, что происходит в том случае, когда шкив m ведущий (фиг. 1009), приводит в движение шкив k ведомый. Невольно бросается в глаза то явление, что ведущая часть ремня, т.-е. часть ремня u , набегающая на ведущий шкив, более натянута, чем часть ремня j , набегающая на ведомый шкив k .

Если бы разорвать где либо провисающую часть ремня u и j , то, чтобы достигнуть в части его, обхватывающей шкив k , такого же натяжения, какое она имела до разрыва, мы бы должны, перекинув концы ремня через блок e и f , повесить на них пружины u и j , причем груз u был бы больше груза j ; пусть $u - j = P$.

Этот-то перевес груза u над грузом j и есть причина того, что шкив m может приводить в движение шкив k , на котором сосредоточен какой либо груз.

Допустим что мы имеем такую комбинацию: насос m , (фиг. 1010), поднимает воду из точки a в точку b . Вода эта устремляясь из точки b по трубе bc в водяное колесо m , заставляет водяное колесо работать, и вода из колеса устремляясь по трубе da в a . Насос m может поднять известное количество воды (по весу) за каждый ход поршня; чем число ходов поршня в единицу времени будет больше, тем больше воды по весу поднимается в точку b и тем, следовательно, больше воды (большой вес) будет падать с данной высоты на водяное колесо и колесо m проявит большую силу.



Фиг. 1010.

В случае ременной передачи ремень служит как бы хранителем передаваемого усилия от колеса m (фиг. 1009) т.-е. скорее в единицу времени передает излишек усилия P , тем, значит, шкив k сможет проявить большую силу для преодоления сосредоточенного на нем груза.

Если шкив m делает n оборотов в минуту, то в секунду он делает $\frac{n}{60}$ оборотов, и если радиус его равен R , то скорость V , проявляе-

мого усилия P в секунду будет равна $V = \frac{2\pi Rn}{60}$, а работа этого усилия будет $P \times$ на пройденный им путь, а мощность этой силы будет $P \times$ на путь, пройденный силой в 1 секунду, т.-е. $P \times V$, или, выражая мощность в лошадиных силах, получим $P = \frac{75.N}{r}$.

Обыкновенно расчет ремня ведется по $P_1 = 2P$. Если мы назовем через b ширину ремня, через d толщину ремня, а через s допускаемую нагрузку на кв. сантиметр площади ремня, то $P_1 = bds$.

Тогда мощность, передаваемая ремнем, будет $P_1 V$, или, в лошадиных силах,

$$P_1 = 2 \frac{75.N}{V}.$$

Заметим, что окружная скорость шкивов вообще

$$V = Dn \cdot \frac{3,14}{60}.$$

Вследствие скольжения ремня, окружная скорость ведомого шкива будет в действительности менее и следует для нея принять $V = \frac{Dn}{20}$, т.е. окружная скорость шкива = $\frac{1}{20}$ числа оборотов шкива, помноженного на диаметр шкива в метрах.

Тогда $P_1 = \frac{2.75.N}{V}$ примет вид

$$P_1 = 2.75.N : \frac{Dn}{60} = \frac{2.75.60.N}{Dn}$$

$$P_1 = \frac{9000N}{Dn}, \text{ но } P_1 = bds$$

$$bds = \frac{9000N}{Dn}.$$

Допускаемое напряжение на кв. сант. кожного ремня равно приблизительно, 5 кг, тогда

$$bd = \frac{9000N}{5Dn} = \frac{1125N}{Dn} \text{ или}$$

$$bd = \frac{1125N}{Dn}.$$

Если в данном выражении примем $N = 1$, то получим

$$(bD) = \frac{1125}{dn}.$$

т.-е., задавшись данной шириной ремня, диаметр данного шкива получаем в зависимости не только от передаточного числа, но и от толщины ремня.

Справедливость приведенного расчета ясно усмотрится и из следующих рассуждений.

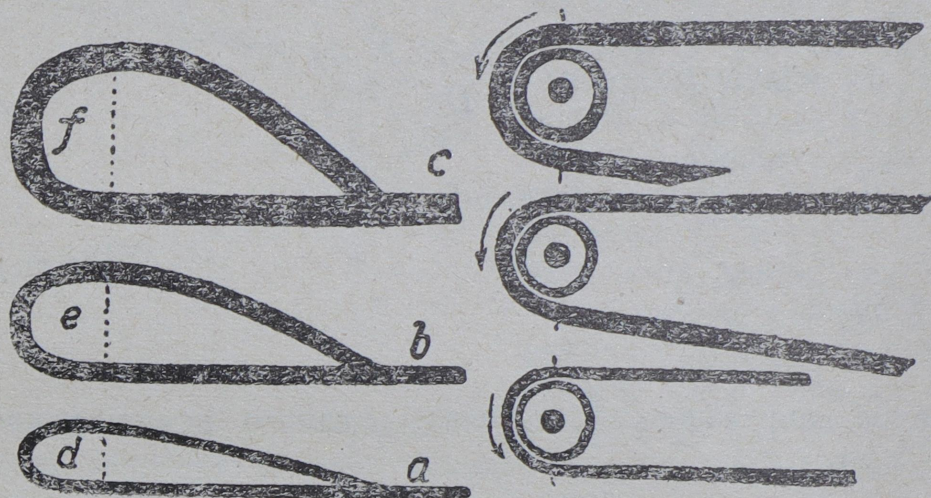
Возьмем 3 ремня, как на фиг. 1011, разной толщины, a — самый тонкий и c — самый толстый.

Пусть качество этих ремней одинаковое. Если мы возьмем сначала конец самого тонкого паса и перегнем его, то получим известного размера петлю, как это показано на фиг. 1011, d . Когда мы перегнем конец следующего, более толстого ремня b , получим уже петлю, как указано при e , большего размера; наконец, когда перегнем конец самого толстого паса, то получим еще большую петлю, как видно при f .

Таким образом ремни разной толщины, будучи перегнуты по дуге, образуют обхваты, сгибы, по разным диаметрам: тонкие ремни образуют петли меньшего диаметра, толстые—большого.

Пусть бесконечные ремни, приготовленные из этих трех пассив, наденем на два спаренные шкива, из коих один малого диаметра одет на валик, приводящий в движение, например, круглую пилу.

Как видно на фиг. 1011, толстый ремень меньше обхватит малый шкив и будет более скользить, чем если при тех же условиях применить тонкий ремень.



Фиг. 1011.

В данном случае при толстом ремне потребуется более сильное натяжение ремня, чтобы увеличить поверхность его соприкосновения со шкивом.

Здесь, как ясно можно видеть, ширина обода не много помогает сущности дела, так как причина неправильного действия пассив кроется в величине петли собственной ремню данной толщины. Эта величина петли остается одной и той же при всякой ширине обода шкива. Обыкновенно принимают, как мы говорили, что натяжение ремня равно $2P$ и оно определено для того случая, когда отношение части дуги окружности обода шкива, обхватываемой ремнем, ко всей окружности обода равно 0,4. Чем отношение это больше, тем натяжение ведущего ремня может быть меньше, и наоборот; чем это отношение меньше, тем натяжение это больше, как это видно из помещаемой ниже таблицы, где приняты во внимание и качество материала обода шкива, и степень сухости и влажности кожного ремня.

Уяснив себе таким образом причину скольжения пассив, мы легко можем найти средство для его устранения, именно: следует применить шкив большего диаметра. На сколько же большего?

Самый верный и безопасный размер—это если взять диаметр шкива, как показывает опыт, вдвое больший, чем стрелка петли ремня.

Необходимое натяжение $P_1 = \alpha P$

При отно- шении	Смазанные ремни		Жирно сма- зан. ремень Чугунный обод	Влажный ремень Чугунный обод
	Деревянный обод	Чугунный обод		
0,2	2,3P	3,4P	7,3P	2,6P
0,3	1,7P	2,4P	5,0P	2,0P
0,4	1,4P	2,0P	3,9P	1,6P
0,5	1,3P	1,7P	3,2P	1,4P
0,6	1,2P	1,6P	2,8P	1,3P
0,7	1,1P	1,4P	2,5P	1,2P
0,8	1,1P	1,3P	2,2P	1,2P
0,9	1,1P	1,3P	2,0P	1,1P
1	1,1P	1,2P	1,9P	1,1P

Если ремень становится твердым и сухим, естественный диаметр петли значительно увеличивается и способность его и соскальзыванию, при данном направлении, также становится больше, в виду чего необходимо увеличить натяжение ремня, чтобы предотвратить соскальзывание.

Движение ремня по слишком малому шкиву очень вредно действует на ремень, в особенности, если ремень твердый и неупругий, так как крутое сгибание ремня может послужить к совершенной его порче. При этом происходит растяжение тканей кожи, и когда она снова станет мягкой, то работа пассив окажется неровной и он часто будет соскальзывать со шкивов. В семи случаях из десяти, когда подобное положение имеет место, оно должно быть приписано не исправности только ремня, именно неправильности ухода за самим ремнем. И в данном случае ни хорошее качество ремня, ни употребление канифоли и тому подобных веществ не помогут делу.

Состояние ремня в данном случае является хотя и непосредственной, но не настоящей причиной неправильной работы передачи, и в этом случае сведущий человек может оказать действительную услугу.

Следует заметить, что при увеличении размера шкивов нужно остерегаться, чтобы не сделать ошибки, очень часто практикуемой: не следует одновременно увеличивать размеры шкива ведомого и ведущего на равное число, например, дюймов. Ошибка легко может быть проверена определением вновь числа оборотов шкивов до и после перемены.

Число оборотов шкивов может быть найдено, как мы знаем, следующим образом:

Нужно умножить диаметр ведущего шкива на число его оборотов в минуту и произведение разделить на диаметр ведомого.

Предположим, что у нас есть ведомый шкив, имеющий 44 дюйма в диаметре, делающий 160 оборотов в минуту, и шкив ведущий, имеющий 16 дюймов в диаметре. Каково будет число оборотов этого шкива?

Следуя правилу, мы умножим 44 на 160 и, разделив на 16, получим 440 оборотов в минуту; т.-е. $\frac{44 \times 160}{16} = 440$. Теперь предположим,

что нужно увеличить диаметры обоих шкивов, скажем, на 10 дюймов.

Тогда мы получим формулу $\frac{54 \times 160}{26} = 332,2$ оборота в минуту.

Это показывает, что подобное увеличение шкивов неправильно. Диаметр ведущего шкива увеличивается приблизительно на $\frac{2}{3}$ своей первоначальной величины, тогда как диаметр ведомого увеличится только на $\frac{1}{4}$ своей первоначальной величины. Между тем как диаметры обоих шкивов должны быть увеличены только в равной мере, т.-е. пропорционально.

Итак, если мы увеличим диаметр одного шкива на $\frac{1}{4}$, то и диаметр другого шкива должен быть увеличен на соответствующее отношение. Предположим, что мы именно на это число увеличим диаметры обоих шкивов, т.-е. возьмем их на $\frac{1}{4}$ длиннее. Тогда 16-дюймовый диаметр шкива станет 20-дюймовым, а 44-дюймовый диаметр шкива станет 55-дюймовым. Скорость движения шкива будет теперь равна $\frac{55 \times 160}{20}$, т.-е. 440 оборотам в минуту.

Вообще следует употреблять шкивы больших диаметров, какие позволяют обстоятельства, так как этим путем мы имеем возможность лучше охватить шкив пассом при данном напряжении его и, увеличив дугу соприкосновения со шкивом и уменьшив силу трения подшипников, достигнем лучших рабочих результатов.

Отсюда некоторые могут, естественно, заключить, что чем шкивы больше, тем лучше, в виду того, что сила трения уменьшается по мере увеличения диаметра шкивов. Это справедливо только до известного предела, обусловливаемого весом шкивов. Увеличивая чрезмерно размеры шкивов без особой нужды, мы до известной степени уменьшаем натяжение пасса, но в тоже время увеличиваем вес шкивов.

При соразмерном выборе шкивов, мы уменьшаем натяжение пасса, лишь незначительно увеличивая вес шкива.

Заметим кстати, что трение в подшипниках валов составляет довольно значительный процент веса шкивов; оно колеблется между 15% и 20% общего веса шкивов.

Предшествующие замечания об уменьшении силы напряжения относятся преимущественно к случаям, где ведомый шкив очень малого диаметра сравнительно с ведущим. Когда шкивы более крупных размеров и приблизительно равны или почти равны, выгода от увеличения диа-

метров не будет так заметна, а при известных условиях веса шкивов— может даже совершенно исчезнуть.

Таким образом, когда у нас имеются два шкива, из которых один очень малого диаметра, то самое действительное средство предотвратить скольжение и соскакивание пасса будет надеть более тонкий пасс или же пропорционально увеличить диаметры шкивов.

Если передача смонтирована правильно, то дальнейшее ее существование в хорошем, годном к работе виде всецело зависит от добросовестности и толковости обращения с деталями ее. В особенности важны целесообразная надежная смазка подшипников и холостых шкивов, очистка валов и подшипников от ржавчины, пыли, грязи и проч., умеренное натяжение ремней и других гибких органов передачи, постоянный контроль плотности скрепления винтами, болтами, шпонками, своевременно принятые меры при нарушении нормального течения работы и т. д.



Фиг. 1012.

Важность применения хорошего смазочного материала и удобно устроенных смазочных аппаратов была указана в соответствующей главе.

Займемся уходом за органами ременной передачи. Прежде всего равномерной очисткой гладкой, блестящей поверхности валов для предохранения их от появления ржавчины и других осаждающихся на нее пассивных веществ. В местах неопасных очистку можно произвести обтиранием вала наждачной бумагой, нажимаемой клещами на вал (фиг. 1012), вместо клещей можно взять железный лист, согнутый в виде U, внутренняя поверхность которого обложена обрезками ремней, покрытыми небольшим количеством масла и наждака. При обтирании нужно тщательно следить за тем, чтобы не подходить близко к шкивам или подшипникам; в первом случае жизнь рабочего подвергается опасности, во втором— может случиться, что наждак попадет между валом и вкладышем подшипника и может вызвать горение подшипника. Однако, всем известно, что в большинстве случаев предписание об очистке валов исполняется весьма нерадиво, а в иных случаях и совсем не исполняется. В виду этого можно рекомендовать заранее покрывать обнаженные части валов предохранительным слоем прозрачного лака, не подверженного влиянию изменений температуры. Необработанные валы должны быть прежде всего прогрунтованы суриковой краской, на которую затем может быть наложена какая угодно светлая краска.

Слишком сильное натяжение гибких органов передачи, имеющее место в особенности при незначительном расстоянии или слишком малых

шкивах, выжимает смазочный материал из мест соприкосновения вала с вкладышами, следствием чего является повышение трения и нагревание вкладышей. Точно такие же вредные последствия имеет сильное нажатие или перегрузка натяжных роликов. Необходимо, поэтому, устранять по возможности указанные причины.

Если ремни и канаты долгое время должны оставаться без работы, то следует оставлять их на холостых шкивах; нужно их совершенно сбросить со шкивов. Вместе с тем болтание этих неподвижных гибких органов на валах не может быть допустимо, в виду бесполезного истирания их; следует, поэтому, либо совершенно удалить ремень, либо подвесить его свободно на специальных крюкообразных supports.

На обязанности каждого механика лежит постоянный осмотр всех частей передачи. Уклонения от первоначально нормального состояния передачи в самом начале их возникновения могут быть легко исправлены; если же это не сделано, весьма быстро появляются внушающие опасения неисправности в работе.

Осадка фундаментов и стен помещения, имеющая место при недостаточно высушенных новых постройках, должна быть компенсирована изменением натяжения анкерных болтов, новой выверкой правильности положения валов, подклиниванием и подливкой цемента под подшипники. Изгиба стен и потолка стараются избежать тем, что распределяют давление, передаваемое анкерными болтами, на возможно большую площадь при помощи подкладывания балок, брусьев, полосового железа и проч.

При постройке новых зданий, предназначенных для установки передачи, необходимо рассчитать толщину стен, приняв во внимание общую нагрузку, обуславливаемую передачей.

Изношенные вкладыши должны быть удалены, в противном же случае они вызовут вибрирование вращающихся частей и еще большее изнашивание.

Нельзя рекомендовать оставление зажимов между составными частями вкладышей, так как лишь весьма немногие машинисты достаточно опытны в умении стягивать болты подшипников и зажимы являются причиной неопытной и слишком расточительной смазки.

Нагретые подшипники требуют усиленной смазки; в случае сильного перегрева прибегают к охлаждению водой; кроме того, можно рекомендовать присыпку в довольно обильном количестве к смазочному материалу серного цвета или чистого графита. Если появилось заедание вала, необходимо выключить последний из установки и подвергнуть монтажке как подшипник, так и вал.

При правильной конструкции и тщательной пригонке, шпонки не должны выскакивать; выскочившая шпонка обыкновенно дает о себе знать благодаря заметным ударам и игры соответствующих шкивов, шестерней и соединений.

Смазка зубчатых колес производится особой смазкой, благодаря чему устраняется слишком сильное истирание зубцов и шум во время работы.

Притирать зубцы наждаком, в особенности в случае деревянных зубцов, не рекомендуется.

Для предотвращения несчастных случаев при работе у передач, необходимо избегать выдающихся наружу частей, как-то: краев шпонок, головок установочных винтов и т. п.; такие части следует окружать футлярами (железными, деревянными или др.) или металлическими сетками так, чтобы во время работы последние не мешали нормальному ходу ремней и т. п.

Тонкие валы должны состоять из не слишком длинных отдельных частей, длиной не более 5—6,5 м; при этом в местах, где происходит передача работы, или где имеются муфты, подшипники должны быть поставлены с обеих сторон ближе друг к другу, чем в других местах.

Прессованные валы (диаметром до 75 мм) следует предпочитать точеным той же толщины, так как благодаря своей более твердой наружной поверхности эти валы дольше сопротивляются различным химическим действиям, а также они не так кривы в начале, как точеные; далее, они имеют совершенно точно круглую форму, что особенно важно, когда имеются подшипники Селлеса и нежелательно притирать всякий подшипник.

Очень часто приходится видеть, как валы, еще не бывшие в работе, лежат на заводских дворах и в мастерских на двух деревянных брусках, подпирающих концы валов; этого следует безусловно избегать, так как валы прогибаются и легче подвергаются порче, чем в том случае, если они по всей своей длине лежат на не особенно жесткой подкладке.

Столь излюбленный способ покрытия валов толстым слоем масляной краски мы не считаем особенно практичным. Не раз было замечено (что подтвердила и химия), что под совершенно нетронутым слоем масляной краски на валах образуется ржавчина, вызываемая гигроскопическими свойствами льняного масла и выделением кислорода или образующего при этом линоксина. Самое лучшее предохранительное средство заключается в нанесении горячего парафина; напротив того, часто употребляемый свиной жир служит не так хорошо, так как в нем часто содержится в свободном состоянии кислота.

Длинные валы необходимо снабжать особыми муфтами, дающими возможность валам расширяться, особенно когда они находятся на открытом месте.

На каждые 10 м вала удлинение составляет 6 мм при изменении температуры до 50° С.

Валы, на которых сидит много шестерен, необходимо, во избежание осевого движения валов, закрепить помощью нескольких установочных колец; зубчатые колеса необходимо так заклинивать на валах, чтобы конусы шпонок располагались в противоположных направлениях.

Подшипники, устанавливаемые на балках, двутаврового или коробчатого сечения, должны быть, кроме того, снабжены подкладкой из хорошо высушенного букового дерева толщиной в 2—3 см; благодаря этой подкладке, легко выравниваются неизбежные неровности между фундаментами.

ной плитой подшипника и верхней поверхностью балки, а также нет необходимости при чистой отливке обстрагивать нижнюю поверхность фундаментной плиты подшипника; наконец, присутствие деревянной подкладки устраняет неприятные сотрясения балок.

Если данное помещение сырое или в нем идет выделение большого количества паров, особенно из кислот, то деревянные подкладки необходимо предварительно прокипятить в течение четверти часа в парафине.

Благодаря этим деревянным подкладам делается излишним подкладывание непрактичных тонких железных пластинок; вместе с тем не приходится так сильно опасаться при заделывании балок в кладку.

Употребления шпонок, не входящих в канавку вала, следует избегать, так как это часто влечет за собой ослабление посадки шкива. Если при готовой уже трансмиссии приходится впоследствии надевать на вал шкивы, и надо снабдить вал пазом для шпонок, то в том месте, где будет находиться шпонка, вал необходимо прочно подпереть при прорубке канавки, во избежание прогиба его при ударах молотком, так как в противном случае шкив не будет совершать правильного кругового вращения, — он будет бить.

Имеющиеся в продаже деревянные шкивы, которые вообще можно рекомендовать, снабжены тонкой втулкой, вдвигаемой между валом и ступицей шкива. К сожалению, обыкновенно, дерево, из которого сделана как втулка, так и ступица, не достаточно высушенное, так что после непродолжительной работы оно начинает усыхать, вследствие чего ступица начинает вращаться на втулке, а последняя — на валу, что, к счастью, сейчас же обнаруживается особым пронзительным звуком. Тогда необходимо обстрогать втулку таким образом, чтобы обе половины ее не могли уже обхватить весь вал, и затем между втулкой и валом заложить кусок тонкого листового железа. Часто в таких случаях бывает достаточно положить между втулкой и ступицей широкую полосу наждачного полотна.

При деревянных шкивах необходима некоторая аккуратность при смазывании ремней, так как иначе шкивы, особенно при большом числе оборотов, легко сгорают.

При деревянных шкивах никогда не следует брать металлических соединений для ремней, так как они тотчас же портят обод шкива; лучший способ (не только в данном случае, но и всегда вообще) — это склеивать ремни.

При полуперекрестной передаче качество ремней имеет особенное значение, поэтому, особенно при передаче большой мощности, следует брать кожу лучшего качества, при этом по краям ремни следует шить двойным швом и верхний конец надвинуть на нижний на 1—2 см, благодаря чему достигается более плотное прилегание ремней к шкиву и по возможности уменьшается прогиб ремня при его сходе со шкива.

Что касается правила, гласящего, что необходимо несколько сдвинуть один шкив при полуперекрестной передаче, то мы этого никогда не делали, а между тем не испытывали никаких затруднений в работе.

При ремнях, движущихся один по другому, концы ремней необходимо склеивать; если подобные ремни приводят в движение машины, то их необходимо устанавливать на натяжных рамах, для того, чтобы во время производства их можно было подтягивать независимо один от другого.

Вилки для передвигания ремней не должны быть слишком узкие, для того, чтобы ремни не портились и перемещались всегда параллельно валу; при широких ремнях на зубцы вилок следует одевать хорошо пригнанные втулочки. При устройстве передачи посредством пеньковых канатов следует обратить внимание на хлопанье их при пускании в ход сильно нагруженных машин и трансмиссий. Подбрасывание канатов замечается особенно при квадратных канатах. Бока в самом начале их службы, между тем как с течением времени оно совершенно пропадает. Квадратные канаты очень сильно скручены, но они допускают употребление шкивов меньшего диаметра и сами при той же производительности могут иметь меньшие размеры сравнительно с другими канатами, благодаря их лучшему прилеганию к профилю желобка шкива.

Угол обхвата каната в желобке шкива также заслуживает внимания: для туго скрученных канатов более подходит угол в 45° , для слабо скрученных — угол в 65° .

Хлопчатобумажные канаты с течением времени делаются тоньше и не прилегают хорошо к бороздкам, если последние вначале были широки.

Для всех канатных приводов необходимо иметь на шкиве по крайней мере один запасный канат, а для больших передач даже несколько, вместе с тем никогда не следует пытаться экономить на ширине шкивов постановкой канатов слишком большого диаметра.

Точно также при канатных передачах не следует экономить и на предохранительных приспособлениях, особенно в тех местах, где применяются натяжные ролики.

Проволочно-канатная передача у нас сравнительно редко употребляется; коэффициент полезного действия ее высокий, тем не менее заводы сравнительно редко прибегают к ней. Проволочно-канатная передача является самой дешевой, особенно при передаче мощности на большие расстояния.

Если кто-нибудь пожелал бы сравнить стоимость ременной передачи в 100 м длиной со стоимостью такой же проволочно-канатной передачи, то он не мог бы понять, почему последним способом передачи мощности пользуются так редко.

Перед наложением ремня на шкив, его нужно вытянуть: лучше всего сделать это, подвесивая ремень и нагружая его грузом до тех пор, пока он не подвергнется четверному рабочему натяжению.

Но, несмотря на это, в первые 8—14 дней работы ремня окажется необходимым еще подтягивать его и перешить. Когда же ремень уже сселся, то следует избегать дальнейших укорочений его. Для того, чтобы устранить скольжение ремня, нужно внутреннюю его поверхность смазать равномерно жиром [коровьим салом, а также смесью стеарина, дегтя

(жира, отжатого от жированной кожи) и пчелиного воску]. Так часто употребляемой еще и ныне канифолью, как и всеми смолистыми веществами, не следует пользоваться для этой цели, так как от них ремень делается твердым, хрупким и ломким, и шкив загрязняется. После смазки жиром ремень некоторое время скользит, быть может, еще несколько больше, чем раньше, но при этом между ободом шкива и ремнем развивается теплота, которая обращает жир в жидкое состояние; в этом виде его хорошо впитывает в себя ремень, благодаря чему он разбухает, делается толще и короче.

В течение каждого рабочего года нужно ремень 1—2 раза промыть теплой водой, высушить, а потом пропитать салом, благодаря чему значительно увеличивается продолжительность службы ремня (при благоприятных условиях ремень может служить до 20 лет). Ремень должен всегда прилегать к шкиву мясистой стороной; выражаемое многими противоположное мнение неправильно; дело в том, что внешние слои ремня, следовательно, сторона его, покрытая волосом, значительно прочнее, чем мясистая сторона; но сторона, прилегающая к шкиву, подвержена всегда изнашиванию; поэтому более прочная сторона ремня, волосистая, должна быть по возможности предохранена от этого. Вместе с тем и сила сцепления между шкивов и мясистой стороной ремня гораздо больше, чем с волосистой.

Натяжение ремня должно находиться в правильном соотношении с передаваемой им силой и коэффициентом трения соприкасающихся поверхностей: слишком тугое натяжение ремня не только бесполезно, но даже вредно, так как вследствие этого вал с одной стороны сильно прижимается в подшипнику и начинает греться. Продолжительность службы ремня можно значительно повысить, если, когда ремень не работает, сбрасывать его со шкива и давать ему таким образом возможность снова растянуться (отдохнуть).

Для того, чтобы у перекрестных ремней уничтожить неравномерное вытягивание краев ремня в месте их схода со шкива, под короткий край подкладывают в виде уступа второй ремень (==), чем устраняется надрыв краев и облегчается образование подобия воронки при сходе ремня со шкива. Из тех же соображений дают ремням для конусных шкивов у обоих краев и с обеих сторон скрепляющие подкладки в виде клиньев, так что получается следующее поперечное сечение (==).

Соединение концов ремней имеет очень важное значение для работы ремня и продолжительности его службы. При хорошем соединении ремень не должен по возможности иметь никаких неровностей, ни ослабленных мест, нигде не должен быть более тяжелым, и при полной надежности данного соединения в работе оно должно, в случае надобности, легко разниматься. Выгодно соединять концы ремня в притык; в тех же случаях, где это невозможно, следует делать соединение в накладку.

Фиг. 1013 показывают соединения посредством ушивальников (ремней для сшивания), которые часто применяются на практике. Здесь концы ремня соединяются в притык, перекрестные швы с узлами рас-

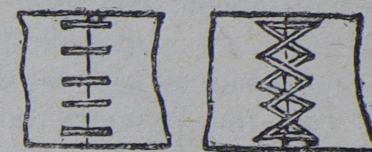
полагаются на внешней стороне, параллельные швы (фиг. 1013) — на внутренней стороне ремня, прилегающей к шкиву.

Не менее распространенный способ соединения концов ремня в накладку и сшивания их посредством смоленной дратвы представлен на фиг. 1014.

Имеется, вообще, множество искусственных приспособлений для соединения концов ремней, но все они наряду с легкостью их применения, обладают многими значительными недостатками. Самые употребительные из таких приспособлений указаны на фиг. 1015 и 1016.



Фиг. 1013.



Фиг. 1014.

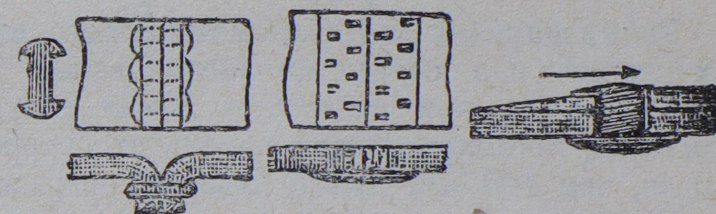
Фиг. 1016 изображает обыкновенный винт для соединения концов ремня (ремень должен двигаться по направлению стрелки; в противном случае конец ремня будет задевать за обод шкива). Фиг. 1015 справа изображает соединение Гарри; фиг. 1015 слева — соединение Грина.

Соединения концов ремня посредством штифтов, шпилек, заклепок, скоб, а также посредством замазывания или склеивания не всегда удобны и потому практически мало целесообразны, так как всем им присущ тот главный недостаток,

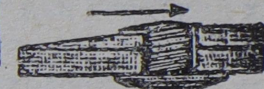
что разборка этих соединений очень затруднительна, сопряжена с повреждением ремня и требует особых вспомогательных приспособлений и опытного служебного персонала.

Стремление усовершенствовать органы для передачи энергии повело к возникновению различных видоизменений кожаных ремней, известнейшие из которых следующие: ременные канаты, которые годны лишь для передачи небольшой мощности, но зато дают возможность устроить самым простым способом передачу под углом; толщина их редко превышает 16 до 18 мм, они надеваются на железные (а также и деревянные) веревочные шкивы (блоки), на обод которых для этой цели выточен полукруглый или трапециевидный желобок; самый распространенный профиль желобка с уклоном боковых сторон трапеции с 45° . Если P — передаваемая сила в кг, то необходимый диаметр ременного каната будет $d = 4 \sqrt{P}$.

Продырявленные ремни — те же обыкновенные передаточные ремни, по своей длине снабженные небольшими, равномерно распределенными прорезами. Полагают, что благодаря этому облегчается течение



Фиг. 1015.



Фиг. 1016.

воздуха между шкивом и прилегающей к нему поверхностью ремня, и таким образом сбегание и набегание ремня происходит при самой незначительной потере энергии; вместе с тем, благодаря такому живому обмену воздуха, широкие ремни не греются. Конечно, очень сомнительно, не уничтожаются ли с избытком эти призрачные выгоды значительным ослаблением ремня, повышением его цены и другими существенными недостатками.

Составные (шарнирные) ремни имеют своим образом известные шарнирные цепи Галля; отдельные звенья таких ремней состоят из узких полос хребтовой кожи, которые по длине и по ширине соединены между собой болтами. Таким образом ремень скользит по шкиву ребрами, а не плоской стороной своих звеньев. Цель такого устройства — достижение величайшей равномерности в толщине ремня и скользящей его поверхности при неограниченной длине и ширине, без особых соединений, оживленный обмен воздуха между соприкасающимися поверхностями и выгода применения остатков (обрезков) хорошей кожи для изготовления больших ремней. Что касается нашего личного мнения, то мы считаем мелкие ремни, вследствие их сложной конструкции и большого веса, мало подходящими для большинства производств.

Надевание приводных ремней.

Ремни шириной до 100 мм можно надеть на шкивы или посредством особых приборов или посредством наворачивания. Если края шкивов не сильно закруглены, то при надевании ремня сбоку следует поставить особые подкладки, предохраняющие ремень от перерезания его. Ремни шириной больше, чем 100 мм, нужно надевать посредством натяжных приборов.

Остановимся подробнее на этом вопросе. В некоторых предприятиях нашей промышленности приходится наблюдать крайне скученное размещение шкивов на приводах, при чем далеко не на всех рабочих механизмах имеются холостые шкивы.

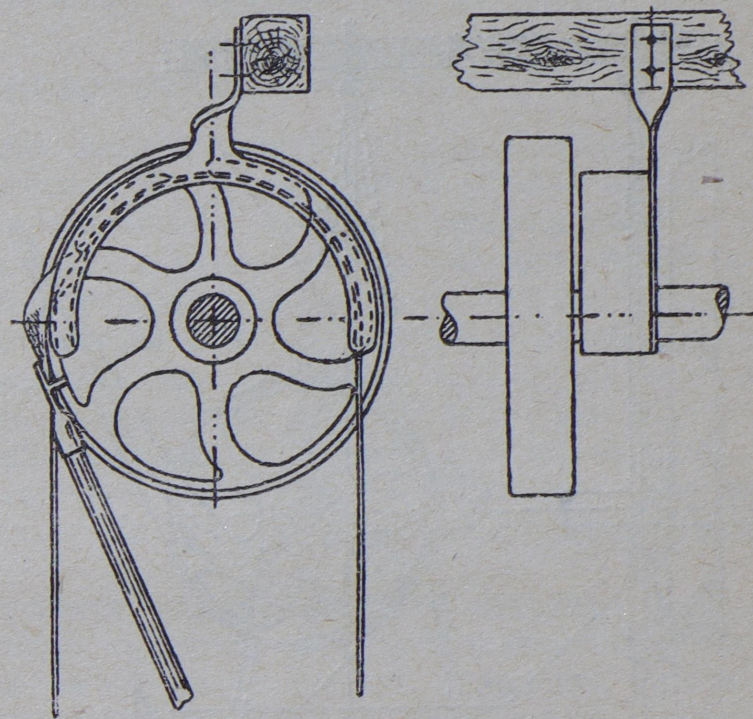
В производственной практике, как известно, для устранения опасности при надевании ремня на ходу приводного шкива применяются особые палки-надеватели, системы которых весьма разнообразны, причем, это разнообразие относится к форме наконечника (известны системы наводок Дулькена, Претцеля и др.). Основная идея подобного надевателя состоит в том, чтобы, во первых, насаженным с одной стороны палки крючком можно было механически подхватывать и заводить ремень, и, во вторых — предупреждать возможность удара рабочего, надевающего ремень, для чего палка должна иметь достаточную длину.

Для удобства надевания ремня (например, руками) существуют специальные лестницы, имеющие на своих нижних концах полевые упоры, а на верхних — крюки, посредством которых лестница опирается на вращающую трансмиссию.

Надевание ремней на шкивы на полном ходу вала без помощи какого либо приспособления очень опасно, даже при помощи вышеупомянутой лестницы, не говоря уже о том безрассудном приеме, когда рабочий

просто залезает к шкиву каким-нибудь упрощенным способом, например, при посредстве соседнего механизма или другого привода. Подобное надевание ремней очень часто сопровождается тяжелыми увечьями рабочих.

В предотвращение подобных несчастных случаев НК Труда обязывает администрацию предприятий принимать предохранительные меры, к числу которых относится требование установки на приводах и механизмах холостых шкивов, а в случае невозможности по местным условиям выполнить это требование (например, из-за отсутствия места на приводах) или, с другой стороны, невозможности по техническим или производственным соображениям останавливать данный механизм, или выключать частично или полностью трансмиссию, устанавливать для надевания ремней на ходу привода специальные наводки, заменяющие до известной степени безопасность холостых шкивов.



Фиг. 1017.

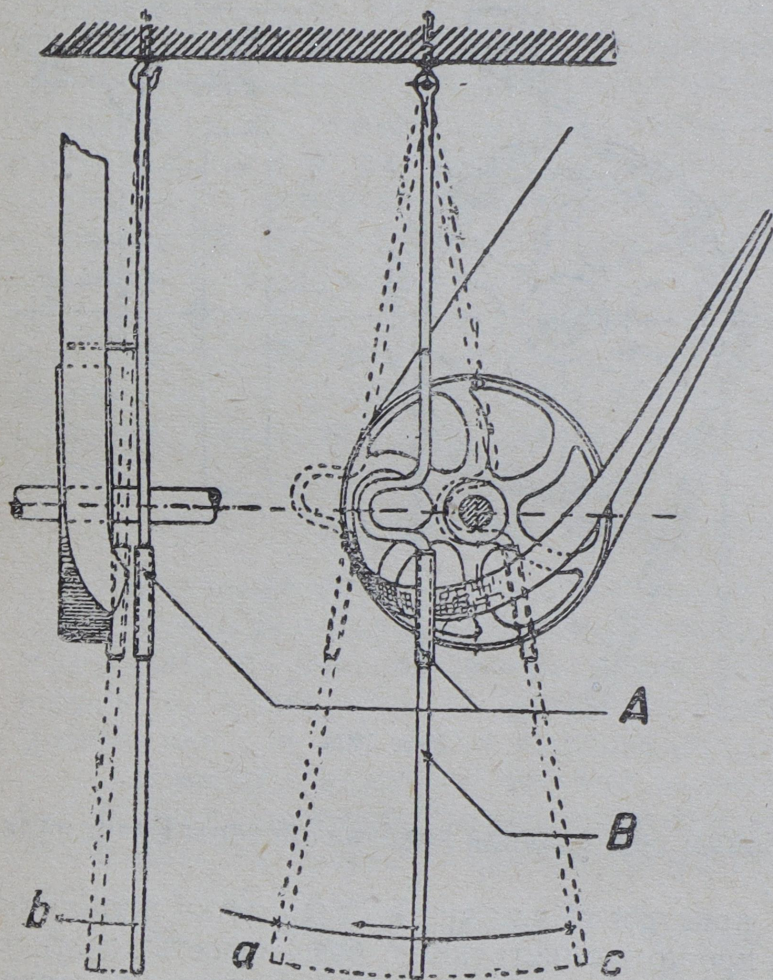
Рекомендуется между прочим специальная наводка системы Бидермана, изображенная на фиг. 1017.

Всем системам наводок присущи те или другие недостатки и достоинства, как-то: сложность или простота конструкции, безопасность действия, допускаемость переноса в разные места привода, размеры занимаемого места, оказываемое влияние на ремни и привод и т. д. В частности наводка Бидермана имеет свои положительные и отрицательные свойства. Так, вместе с безопасностью надевания ремня на рабочий шкив при ее помощи на ходу привода, она занимает места на приводе столько же, сколько занимает и холостой шкив, каковое обстоятельство может служить препятствием для установки наводки при скученных шкивах; при наличии разъемного шкива может случиться при надевании ремня удар по по крюку наводки приливами на внутренней поверхности шкива в местах его соединения; так как наводка изготавливается для одного определенного привода и для определенного диаметра рабочего шкива, то число наводок может выйти значительным для данной трансмиссии и не всегда ее можно использовать в другом месте.

Несколько лет назад в журнале „Хлебное и мукомольное дело СССР“ (1926 г., № 3-4) была предложена наводка системы А. В. Макарова,

изображенная на фиг. 1018, предназначенная для надевания ремней на вращающиеся рабочие шкивы.

Эта наводка состоит, как видно из фиг. 1018, из круглого железного стержня *B*, подвешенного при помощи проушины на его верхнем конце к железному крюку, заделанному в потолок около рабочего шкива потолочного привода. Стержень имеет изгиб по диаметру приводного вала



Фиг. 1018.

для той цели, чтобы стержень, как маятник, мог дать угол качания за геометрическую ось трансмиссии. Под прямым углом к стержню прикреплен небольшой круглый стержень, предназначенный для временного поддерживания набегающей стороны ремня при его надевании на шкив.

Для производства непрерывного бокового давления на кромку надеваемого ремня за все время перемещения стержня наводки от одного его крайнего положения до другого (по дуге обода шкива) стержень снабжен роликовой втулкой *A*.

Действие наводки состоит в следующем. Предварительно накидывается набегающая сторона ремня на часть обода шкива, после чего рукою переводят нижний конец стержня из среднего его положения (в со-

стоянии покоя) в положение *a*; затем, прижимая роликовую втулку стержня к кромке ремня (положение *b*), постепенно переводят наводку в положение *c*, пока ремень полностью не ляжет на обод шкива.

Этой наводкой можно надевать различные ремни, как перекрещивающиеся, так и прямые, двойные и ординарные, шириною до 8—10 дюймов (200—250 мм), причем было замечено, что перекрещивающиеся и двойные ремни надеваются быстрее, чем прямые и ординарные. Причина этого заключается в том, что перекрещивающийся ремень имеет на шкиве большую дугу обхвата, чем прямой; двойной же ремень является более жестким, чем ординарный.

К достоинствам второй наводки можно отнести: простоту конструкции, достаточную прочность и безопасную надежность действия; полную

возможность переноса одного и того же стержня наводки для шкивов разных диаметров, для чего нужно только места на потолке у привода снабдить железными крюками для подвешивания наводки; незначительную стоимость.

Само собою понятно, что наводкой Макарова можно пользоваться в тех случаях, если высота производственного помещения не чрезмерна, т.-е. если расстояние между точкой опоры стержня наводки на потолке и осью приводного вала безопасно допускает пользование висячим рычагом.

Уход за проволоочными канатами.

Перед надеванием нового каната следует обратить внимание на одно обстоятельство, от которого зависит не только прочность каната и шкивов, но и надежность и безшумный (тихий) ход всей передачи; — мы говорим о способе соединения обоих концов каната. До настоящего времени самым удобным средством оказалось хорошее сращивание концов каната. Но в виду тех значительных затруднений, которые представляет эта операция при стальных или железных канатах для всякого неопытного рабочего, делались многократные попытки найти более простой и удобный способ соединения канатов; но вопрос этот остался неразрешенным и до настоящего времени, благодаря тем недостаткам, которые присущи почти всем без исключения искусственным соединениям (канатным замкам).

Поэтому при всех более значительных и важных канатных передачах нужно отдать предпочтение сращиванию и применять только этот способ соединения, несмотря на его более высокую стоимость. Хорошее правильное сращивание не должно чувствительно увеличивать диаметра каната в данном месте; перевивка должна быть снаружи густая и не ослабевать во время работы. Подобное сращивание производится следующим образом:

Инструментом для этой цели служит „качедык“ — прочное шило, шириной в 10—13 мм, оканчивающееся острием с сильно-закругленными краями. Прежде всего расхлестывают на длине 1—1,5 м оба конца каната и вынимают оттуда пеньковый сердечник. Эти свободные концы так вставляют один в другой, что они покрывают с обеих сторон канат. Тогда на одном конце каната раскручивают еще прядку той же длины и на ее место вплетают прядку другого конца каната. Вторая прядка раскручивается только на $\frac{2}{3}$ длины первой, третья на $\frac{1}{2}$ длины второй; вплетение же прядок производится точно так же. Когда таким образом все прядки на одной стороне уже вплетены, то в таком же порядке соединяют прядки противоположной стороны (подробности см. т. I, стр. 63—64).

Концы соединяемых прядок несколько отвертываются, расщепляются на отдельные проволоки, небольшие куски которых впускаются в тело каната, для чего предварительно расширяют отверстие качедыком. Этим и заканчивается операция сращивания; в случае же необходимости можно соединяемое место несколько выгладить снаружки при помощи обыкновенного штампа.

От такого соединения канат делается на 2—3 м короче, что следует иметь в виду при назначении его размеров. Очень опасно, когда проволочные канаты получают трещины; это легко может случиться при неосторожной переноске их, при надевании на шкивы и т. д. Поэтому - то для последней работы нужно пользоваться особыми вспомогательными приборами. На больших производствах для избежания могущей возникнуть задержки в работе необходимо иметь запасный канат; чтобы предохранить этот последний от ржавления, его следует обильно смазывать жиром (сало со свинцовыми белилами) или посыпать порошком извести.

При правильном и хорошем уходе проволочные канаты должны требовать ремонта только после трехлетней работы.

Для предупреждения несчастных случаев при спадении или разрыве каната, предписано НКТрудом ставить во всех местах, где проходят люди, особые предохранительные приспособления. Для этой цели лучше всего взять 3 старых высокосортных каната, повесить их параллельно друг другу на расстоянии около $\frac{3}{4}$ м от нижнего конца каната и соединить между собой поперечными брусками, планками или проволочной плетенкой.

Вытягивание каната перед надеванием на шкив не только безцельно, но и иногда даже вредно; если вся передача устроена правильно, и верхний конец каната — ведомый, то получающееся при удлинении каната большое провисание может принести только выгоду. Вот почему следует избегать без всякой надобности расщеплять канат, укорачивать его и снова сращивать, так как такие операции понижают прочность каната.

Для уменьшения трения каната в желобке шкива, и для защиты его от вредных атмосферных влияний, следует проволочный канат регулярно смазывать. Для этого употребляют или вареное льняное масло, или покупную „смазку для канатов“. Эту последнюю можно вполне заменить тщательно приготовленной смесью из $\frac{3}{4}$ масла и $\frac{1}{4}$ канифоли, которая в нагретом состоянии наносится на канат. Пускать в ход канат нужно только после того, как смазка затвердела.

При хорошо построенных и правильно смонтированных проволочно-канатных передачах канат бежит совершенно спокойно и без колебаний; поэтому постановка всевозможных направляющих планок и роликов (последние нужны только при больших расстояниях) оказывается не только излишней, но и вредной.

Уход за пеньковыми канатами.

Пеньковые канаты точно так же, как и ремни, должны перед употреблением их быть хорошо высушены и вытянуты; в противном случае во время работы канат будет постоянно укорачиваться, что вызовет задержки в производстве. Соединение концов каната лучше всего делать посредством сращивания; причем и для этого соединения при расчете длины ремня берется излишек в 2,5—3 м.

Всевозможные искусственные соединения канатов и до настоящего времени оставляют еще многого желать в смысле своей практичности. Хорошее сращивание каната может сделать только опытный в этом деле человек, почему эта операция, в виду ее высокой важности, должна быть поручаема только канатному мастеру или опытному матросу.

Надетый на шкив канат должен по возможности несколько провисать; слишком туго натягивать его невыгодно, так как это вызывает одностороннее давление в подшипнике. Если, как мы принимали и выше, нижний канат ведущий, то тщательно высушенный перед одеванием на шкив и вытянутый канат может долго работать, без необходимости подтягивать его. При удлинении верхний канат будет немного более провисать, что не может повлечь за собой никаких неудобств.

Когда канат уже одет, то, перед тем как пустить его в ход, его следует основательно пропитать теплым жиром (салом или минеральным маслом), и впоследствии, повторять эту операцию каждые 2—3 месяца. Если канаты работают на открытом воздухе, чего следует, однако, избегать, то их нужно смазывать еще чаще; в этом случае полезно также пропитывать их смолой. Просмоленные канаты оказываются более устойчивыми на растяжение, но они, конечно, менее гибки и более тяжелы, чем непросмоленные. При правильном устройстве данной передачи особенно в отношении надлежащего расстояния между валами, правильном выборе диаметра шкивов и формы желобков, и при умелом уходе, — пеньковые канаты могут работать 2—3 года без необходимости в ремонте или замене их новыми.

При прочих равных условиях стоимость канатной передачи оказывается ниже, чем ременной. Но для передачи больших мощностей пеньковые канаты невыгодны вследствие связанной с ними значительной потери энергии. Потеря эта, вызываемая большим трением канатов в желобках шкивов, жесткостью канатов, их скольжением и т. д., доходит при нормальных условиях до 10% полезной работы, и увеличивается более чем вдвое при условиях неблагоприятных.

Потеря от скольжения возрастает особенно с увеличением числа желобков для канатов данной передачи; это объясняется неизбежной разницей в длине и толщине отдельных канатов, диаметре шкивов, профилях желобков и т. д.; этому же скольжению следует в значительной степени приписать нагревание желобков у шкивов, а также и самих канатов.

Правила для ухода за ременной передачей.

Пользуясь ременной передачей, следует иметь в виду следующие указания:

- 1) Горизонтальные, наклонные и длинные ремни работают лучше, чем вертикальные и короткие.
- 2) Короткие ремни следует туго натягивать, чем длинные; при этом необходимо иметь в виду, что горизонтальный ремень, благодаря собственному своему весу, лучше прилегает к шкиву.

3) Если расстояние между ведущим и ведомым шкивами велико, то ремень, вследствие своего веса, образует большой провес. Натяжение валов, на которых сидят шкивы, увеличивается, а следствием этого является и более скорое срабатывание вкладышей подшипников. При очень длинном ремне во время работы неизбежно сильное качание ремня, что еще более способствует срабатыванию вкладышей.

4) Ремни обыкновенно сшиваются в „нахлестку“. Стык ремня, прилегающий к шкиву с внутренней стороны, должен быть расположен против хода ремня, а не по ходу его.

5) Никогда не следует перегружать ремень; нужно сообразоваться с его толщиной, шириной и, наконец, с самим качеством ремня.

6) Ремень должен легко и свободно передвигаться, и потому необходимо обращать внимание на параллельное расположение ведущего и ведомого вала. Ремень работает правильно, если сбегаящая часть его находится в средней плоскости другого шкива.

7) Ремень может передавать большее усилие, если он гладкой стороной идет по шкиву, а шероховатой наружу.

8) Если ремни сшиваются ушивальниками, то дыры для них должны быть сделаны пробойниками, и число и расстояние их между собою и от кромки ремня должно быть строго сообразованно; для разметки дыр пользуются угольником и циркулем.

Перешиваются ремни таким образом: отрезав один конец, как говорят, на 2—3 и т. д. дыры (вернее, на 2, 3, и т. д. ряда дыр), размечают новые дыры в этом конце, наложив на него нетронутый конец. Перешивая ремень во второй раз, следует отрезать другой конец и т. д., меняя постоянно концы для отрезания ремня.

9) Чтобы передать данным ремнем большое усилие, следует на обод шкива надеть ремной бандаж или картонную ленту. Особенно нужно помнить о бандаже, когда между ведущим и ведомым шкивами отношение 1:5, что часто случается при передаче движения динамомашинам. Ремень в данном случае работает хорошо, если он даже и не туго стянут.

10) Следует предохранять ремень от влияния сырости, тепла и пара.

11) Каждый ремень должен быть осмотрен, по меньшей мере, раз в неделю, при этом исправляют замеченные недочеты, очищают ремни от грязи, обливают их тепловатой мыльной водою, и каждые четыре недели смазывают жиром. Если следует опасаться крыс, то вместо жира лучше применять касторовое масло.

12) Надевать ремень на шкив следует по направлению движения шкива, отводить ремень надо в набегающем конце. Эти работы необходимо производить очень внимательно.

13) При сшивании ремней необходимо стык свести по середине между шкивами и равномерно натягивать оба конца; ушивальники с внутренней стороны не должны перекрещиваться и вообще образовывать утолщения.

14) Ушивальники должны быть сыромятные и очень мягкие.

15) Механизмы, приводимые в движение от данного вала, следует расположить так, чтобы ремни не нажимали вал к одной только стороне вкладыша, а тем более к крышке подшипника.

16) Когда механизм не работает, то ремень следует скинуть.

17) Чтобы ремень не заматывался, необходимо одевать его на крюк, который должен быть прилажен близ каждого шкива.

18) При натяжном блоке выгоднее помещать ремень на ведомом конце, а не на ведущем (ошибка, почти всегда встречаемая).

19) Следует избегать шкивов с бортиками, так как они легко разрезают ремень.

20) До постановки нового ремня следует его предварительно вытянуть, чтобы впоследствии не было помехи во время работы.

21) Употребление канифоли и других смолистых веществ для уменьшения скольжения ремня должно быть строго запрещено.

22) Хороший уход за ремнем увеличивает его прочность и продолжительность вдвое.

23) Отнюдь не следует покупать ремень по весу, так как в данном случае важно количество кожи в ремне, а не фальсифицирующих примесей к ней (крахмальный и виноградный сахар, смола и т. д.).

24) Чтобы испробовать кожу ремня, насколько она хорошо продублена, поступают следующим образом: небольшой кусочек кожи кладут в уксус; если кожа продублена хорошо, то только цвет ее изменится в более темный. Но если она не хорошо пропитана дубильными веществами, таннином, то в короткое время волокна ее разделяются, и мало-по-малу весь кусочек кожи обращается в студенистую массу.

25) Узнать фальсифицированный ремень можно, проделав следующее: кусочек ремня кладут в стакан с дистиллированной водою. По истечении некоторого времени берут из стакана немного воды в пробирку и прибавляют несколько кубических сантиметров феллинговой жидкости (имеется в аптеках), смешивают все это и подвергают кипячению. Ремень, пропитанный крахмальным сахаром (для увеличения веса), быстро узнается по осадку. Без этой примеси осадка не получается.

26) Чтобы узнать, не пропитан ли ремень смолистыми веществами, канифолью и т. п., отрезав кусочек ремня, подвергают его варке в чашке с водою. Если на поверхности образуется жирный налет, потом корка, то это служит признаком присутствия жирных примесей в ремне.

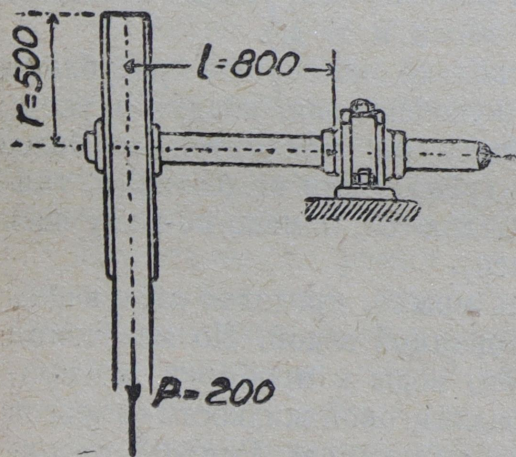
У нас ремни очень скоро портятся и быстро изнашиваются. Проделав указанное в п.п. 24, 25 и 26, мы легко убедимся, — насколько стремление к дешевому ремню неосновательно.

Наклейка кожи на валах и шкивах.

Поверхность валов должна быть перед склейкою, все равно каким веществом, надлежащим образом очищена от приставших частиц жира и грязи. Лучшее всего подобное очищение достигается вываркою в щелоке, или, если размеры валов делают это неудобным, обмыванием валов щелочным раствором, после чего валы тщательно обмываются еще водою и высушиваются. Если возможно, то следует несколько на рубить поверхность зубилом, ибо образующиеся неровности делают склейку более прочною и препятствуют скольжению.

Затем следует покрыть поверхность вала горячим раствором клея, кожу же покрыть горячей вытяжкой из чернильных орешков, которые можно получить в любой москательной. Предварительное легкое нагревание валов, особенно зимою, рекомендуется, но не безусловно необходимо. Самая склейка производится лучше всего двумя рабочими; из них один—натягивает предварительно кожу, а другой—прижимает ее к медленно вращающемуся валу, приглаживая деревянною гладилкою, соответствующего кривизне вала вида. После того как кожа равномерно всюду пристанет, ее обворачивают картоном, который скрепляют возможно ближе расположенными друг к другу хомутами, обвязывают проволокою или веревкою и дают высохнуть. По окончании сушки покрывку снимают, при чем получается прочная и ровная склейка.

Раствор клея готовят следующим образом. Размачивают хорошенько в воде лучший сорт кельнского клея, растворяя затем полученный студень, при умеренном нагревании, в уксусе; прибавляют в количестве $\frac{1}{3}$ части по весу взятого клея—очищенного скипидара, смешивают и уваривают до густоты сиропа. Плотность склейки еще увеличивается, если перед нанесением клеевого раствора вал покрывают слоем какой-либо свинцовой краски, например суриком или свинцовыми белилами с примесью сосновой сажи, дав этому слою клея.



Фиг. 1019.

Задача (фиг. 1019). В существующем приводе $d=95$ мм имеется свес длиной $l=800$ мм; от этого свеса вала приходится привести в движение передаточный вал, приводящий в движение вновь приобретенные машины-орудия. Передаточный вал требует расхода 16 л. с. Далее, вал d делает 120 обор. в мин. Спрашивается, где закрепить передаточный шкив на валу $d=95$ мм, чтобы вал этот не сгибался и вообще отвечал бы условиям прочности? Шкив на валу D имеет $d=1000$ мм.

Имеем таким образом $R=500$ мм и пусть вес шкива около 150 кг. Определим величину силы по окружности этого шкива, если вал d делает 120 оборотов в мин. По известной формуле имеем:

$$P = \frac{1500 \cdot N}{n \cdot D} = \frac{1500 \cdot 16}{120 \cdot 1} = 200.$$

Крутящий момент $M_{кр} = Pr = 200 \cdot 500 = 100\,000$.

Вал этот подвергается еще с одной стороны сгибанию натяжением ремня силою, равной $3P$ ($2P$ в ведущей части ремня и P —в ведомой),

а с другой—весом самого шкива $= 150$ кг. Если допустить, что шкив расположен на конце свеса, где $l=800$, то сгибающий момент

$$M_{сг} = (3 \cdot 200 + 150) 800 = 600\,000.$$

Так называемый идеальный момент определяется формулой

$$M_{и} + \frac{3}{8} M_{сг} + \frac{5}{8} \sqrt{M_{сг}^2 + M_{кр}^2},$$

что в нашем случае дает

$$M_{и} = \frac{3}{8} 600\,000 + \frac{5}{8} \sqrt{600\,000^2 + 100\,000^2} = 605\,173.$$

Для простоты, хотя и менее точно, но все-таки с точностью, достаточной для практических целей, можно определить $M_{и}$ по нижеуказанной формуле

$$M_{и} = 0,975 M_{сг} + 0,25 \cdot M_{кр} = 0,975 \cdot 600\,000 + 0,25 \cdot 100\,000 = 610\,000$$

Оставим:

$$M_{и} = 605\,173, \text{ тогда } M_{и} = \delta W, \text{ где } \delta = 5 \text{ кг.}$$

$$M_{и} = 605\,173 = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot 5 = 0,1 d^3 \cdot 5,$$

где 5—допускаемое напряжение для железа; отсюда получаем, что

$$d = \sqrt[3]{\frac{605\,173}{0,5}} = 107 \cong 110 \text{ мм.}$$

Между тем наш вал имеет $d=95$ и потому надо уменьшать l , т.е. надо шкив подвинуть ближе к подшипнику.

Чтобы не идти гадательно, где именно следует поставить шкив, поступаем так:

Мы имеем

$$M_{кр} = PR = 100\,000.$$

Затем

$$M_{сг} = (3 \cdot 200 + 150) l = 750l.$$

Далее, как уже видели выше, должно существовать равенство.

$$\frac{\pi}{32} 95^3 \cdot 5 = \frac{3}{8} 700l + \frac{5}{8} \sqrt{(750l)^2 + 100\,000^2};$$

либо менее точно:

$$0,1 \cdot 95^3 \cdot 5 = 0,975 (3 \cdot 200 + 150) l + 0,25 \cdot 100\,000$$

или

$$731,3l = 403\,688,$$

откуда

$$l = \frac{403\,688}{731,3} = 552 \text{ мм.}$$

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ.

Сравнительные калькуляционные данные.

Сравнение стоимости пуда пара при употреблении разного рода топлива.—
Сравнение стоимости эксплуатации двигателей.— Калькуляция себестоимости энергии, производимой двигателем.

Сравнение стоимости пуда пара при употреблении разного рода топлива.

Выгода замены одного топлива другим зависит от двух факторов: стоимости его и теплотворной способности данного топлива. Постараемся найти связь между этими двумя факторами для каждого рода топлива; проще всего сделать это через сравнение стоимости единицы веса пара, полученного при употреблении разных сортов топлива. Для разнообразия сравнений предположим, что мы имеем воду 0° С и превращаем ее в пар при давлении в 1 атмосферу. Для получения единицы веса пара, при таких условиях придется затратить около 637 соответствующих единиц теплоты. За единицу веса во всех дальнейших вычислениях будем принимать для простоты 1 пуд (16,38 кг).

Теперь постараемся определить, во что обойдется 1 пуд (16,38 кг) такого пара при употреблении разных сортов топлива, а тогда мы без труда увидим, какие должны существовать отношения между ценами этих сортов топлива при условии одинаковой стоимости получаемого пара.

Нефтяные остатки. Пусть по данным лаборатории, исследованный образец нефтяных остатков имеет такой состав:

Водорода	$H=13,1\%$	Удельный вес при 15° С = 0,898.
Углерода	$C=84,99\%$	
Кислорода	$O=1,91\%$	
Григроскоп. воды .	$W=0$	
Серы	$S=0$	
Золы	$T=0$	

Если для определения теплотворной способности топлива непосредственных опытов произведено не было, то, зная состав горючего, мы можем воспользоваться известной формулой Дюлонга, измененной Об-

ществом Германских Инженеров, при чем полученный результат будет весьма мало отличаться от действительного. Формула эта пишется так:

$$\text{теплотворная способность} = V = 800^{\circ} \text{ С} + 29.000 \left(H - \frac{O}{8} \right) \\ \mp 2.500 S - 600 W,$$

при чем здесь предполагается, что вода получается в виде пара, что и бывает в действительности.

Определенная по этой формуле теплотворная способность вышеприведенного образца нефтяных остатков выразится числом = 10 557 единиц. Обыкновенно принимается, что теплотворная способность нефтяных остатков = 10 000 до 10 600 единиц, в зависимости от их состава и удельного веса, так что испытанный образец принадлежит к лучшим сортам.

При сжигании топлива под котлом в лучшем случае мы можем использовать 80 до 82% его теплотворной способности. Мы предположим устройство топки и котла среднего достоинства с коэффициентом полезного действия в 75%. При таких условиях наши нефтяные остатки отдадут не более 7 918 единиц теплоты, и, следовательно, 1 пуд таких остатков в состоянии выпарить не более

$$\left(\frac{7.918}{637} \right) = 12,43 \text{ пуда воды.}$$

Но при этом нужно принять еще во внимание, что около 5% получаемого пара нужно израсходовать на пульверизацию самих остатков, так что чистая выпаривающая способность нефтяных остатков будет около 11,8 пуда воды на 1 пуд остатков. (При коэффициенте полезного действия в 80% = около 12,6).

Если обозначим стоимость 1 пуда нефтяных остатков буквою А (в копейках) то стоимость одного пуда полученного пара выразится так = $\frac{A}{11,8}$ коп.

Каменный уголь. Пусть имеем донецкий, а затем, например, подмосковный и кузнецкий угли. По данным лаборатории, образец донецкого угля имел следующий состав:

$W = 1,73\%$	Определенная по вышеприведенной формуле его теплотворная способность будет равна 7 169 единицам.
$S = 3,79\%$	
$H = 5,53\%$	
$C = 75,29\%$	
$T = 4,24\%$	
$O = 9,42\%$	

Состав этого образца хорошо согласуется с другими данными для донецкого угля, но только содержание воды несколько мало: обыкновенно бывает около 4—7%, а потому будет безопаснее взять для теплотворной

способности донецкого угля несколько меньшую величину, а именно — 7 000 единиц, при чем 75% от этой величины составит — 5 250 единиц.

Испаряющая способность такого угля будет
$$= \frac{5\,250}{637} \cong 8.$$

Такой уголь нужно признать очень хорошим.

При стоимости угля B копеек за пуд, пуд пара обойдется $\frac{B}{8}$ коп.

Один образец подмосковного угля имел состав:

$$\left. \begin{aligned} W &= 9,24\% \\ T &= 24,17\% \\ C &= 47,11\% \\ H &= 4,4\% \\ S &= 3,78\% \\ O &= 11,30\% \end{aligned} \right\}$$

Его теплотворная способность будет = 4 678 ед.;
75% от этой величины " = 3 506 "
Испаряющая его способность = $\frac{3\,506}{637} = 5,5$ "

При цене такого угля b коп. стоимость одного пуда получаемого пара выразится величиной $\frac{b}{5,5}$ коп.

И т. д. для других месторождений и сортов угля.
Торф. Торф по своему качеству бывает весьма разнообразен, в зависимости как от качества торфяных залежей, так и от способов обработки. Химический состав самой торфяной массы мало разнится в разных сортах торфа, но количество воды и землистых примесей бывает весьма разнообразно. Хорошим торфом следует считать торф, который дает золы не более 5—6% и содержит воды не более 15—20%. Торф с содержанием золы более 20—25% и влаги более 25—30% следует признать плохим торфом, мало пригодным как топливо.

По данным лаборатории, пусть образец торфа имел состав:

$$\left. \begin{aligned} W &= 15,42\% \\ T &= 6,01\% \\ H &= 4,62\% \\ C &= 44,56\% \\ O &= 29,39\% \end{aligned} \right\}$$

Его теплотворная способность будет = 3 697 ед.;
75% от этой величины " = 2 773 "
Испаряющая его способность = $\frac{2\,773}{637} = 4,35$ "

Из непосредственных опытов сжигания торфа одного из месторождений Центрально-промышленной области под котлами получалось испарение 3,8—4,43 пуда воды на 1 пуд торфа. Для получения более безопасных выводов примем испаряющую способность торфа в среднем = 4,1. Тогда при цене торфа = C копеек за пуд, получим стоимость 1 пуда получаемого пара = $\frac{C}{4,1}$ коп.

Следует здесь оговориться, что торф с испарительной способностью в 4,1 нужно признать хорошим торфом. Есть торф с испаряющей спо-

собностью меньше 3, но за то есть торф с испаряющей способностью в 4,5 и даже 4,75. Главное влияние на испаряющую способность торфа имеет вода. Поэтому нужно стараться получить торф с возможно меньшим содержанием влаги.

Дрова. Химический состав совершенно сухих дров может быть принят для:

березы	$C = 48,89\%$	$H = 6,10$	$O = 44,93$	$T = 9,99;$
сосны	50,63	6,27	42,58	0,63;
ели	50,36	5,92	43,39	0,29;

Вычисление теплотворной способности дает для березы 4 079 ед.

"	"	"	"	"	сосны 4 325 "
"	"	"	"	"	ели 4 262 "

Принимая во внимание, что дрова после сушки на воздухе до 1 года содержат около 20% влаги, получим, что теплотворная способность таких дров будет для:

березы	} в среднем можно принять = 3 300 ед.;
сосны	
ели	

75% этой величины = 2 475 ед. Испаряющая способность:
$$\frac{2\,475}{637} = 3,8.$$

При цене березовых дров: E коп. за куб. саж. ($9,71\text{ м}^3$) и при весе 1 куб. саж. = 300 пуд. ($4,92\text{ т}$) стоимость одного пуда ($16,38\text{ кг}$) получаемого пара выразится величиной $\frac{E}{300 \cdot 3,8} = \frac{E}{1\,140}$.

Для смешанных еловых и сосновых дров при цене 1 куб сажени ($9,71\text{ м}^3$) в D копеек и весе 224 пуд. ($3,67\text{ т}$) 1 пуд ($16,38\text{ кг}$) получаемого пара обойдется в $\frac{D}{225 \cdot 3,8} = \frac{D}{855}$ коп.

При условии одинаковой выгоды отопления паровых котлов разными сортами горючего должны существовать равенства:

$$\frac{b}{5,5} = \frac{A}{11,8} = \frac{B}{8} = \frac{C}{4,1} = \frac{D}{885} = \frac{E}{1,140}$$

Отсюда получаем следующие зависимости между величинами A, B, b, C, D и E :

$$B = 0,678A$$
$$b = 0,47A$$
$$C = 0,347A$$
$$D = 72,4A$$
$$E = 96,6A$$

Если мы условно примем стоимость 1 пуда нефтяных остатков в 30 к., то стоимость других сортов топлива не должна быть больше

для донецкого угля . . .	— 20,3 коп.
для подмосковного угля . . .	— 14,1 „
торфа	— 10,4 „
смешанных дров	21 р. 75 „
березовых дров	28 „ 98 „

Укажем как пользоваться предыдущими выводами. Пусть господствующее в данный момент топливо есть нефтяные остатки, цена которых в данном месте 30 коп. за пуд.

Дрова. Мы видели, что дрова могут заменить нефтяные остатки при условии, что цена на них будет меньше 21 р. 75 к. за смешанные и 28 р. 98 коп. за березовые. Пусть цена на смешанные дрова 37 р. 50 к., так что, следовательно, дрова не могут конкурировать с остатками.

Каменный уголь. Донецкий уголь, как мы выше показали, может конкурировать с остатками при условии стоимости его менее 20,6 коп. за пуд. Пусть цена угля донецкого в настоящее время и в данном месте около 21 к., так что в данный момент безразлично, пользоваться ли углем или остатками. Но, само собой, остатки имеют за собой преимущество удобства обращения с ними, требуют меньшего количества кочегаров, а это в эксплуатационном отношении всегда имеет значение.

Торф. Мы видели выше, что хороший торф, чтобы быть в состоянии конкурировать с нефтяными остатками (при условной цене их в 30 коп.) должен стоить не дороже 10,4 к. за пуд. Положительно можно сказать, что при благоустроенных торфяных разработках не трудно получить торф стоимостью около 10 коп. за пуд с доставкой в котельную; известны случаи, когда торф обходился не дороже 8 коп. за пуд в среднем. Производства, которые имеют возможность иметь торф по 8—10 коп. за пуд, работая нефтяными остатками при 30 коп. за пуд, переплачивают за топливо до 40%. Даже плохой торф, обладающий испаряющей способностью не более 3, может конкурировать с нефтяными остатками при цене по меньшей мере 10 коп. за пуд, а при пониженной стоимости — он будет выгоднее остатков.

Само собою разумеется, что приведенные цифры имеют относительное значение. Так, например, если цена нефтяных остатков в данном месте выше условно принятых нами 30 коп. за пуд, то соответственно должно изменять цифровые значения и для торфа.

Кроме дешевизны, торф, как топливо для паровых котлов, имеет еще то преимущество, что не содержит вредных примесей, как, например, серы; не развивает сильного сосредоточенного жара, а потому паровые котлы при топке торфом работают гораздо дольше, чем при всяком другом топливе.

Но торф имеет и свои недостатки, с которыми нужно считаться. Он громоздок, и потому требует удобных путей для подвоза; мало удобен

для перевозки на большие расстояния, особенно при многократной перегрузке; требует много места для складов; требует обширных котельных помещений. Не все котлы пригодны для топки торфом, как, например котлы с внутренними топками — ланкаширские, корнваллийские и т. п. При топке торфом требуется частое закидывание топлива, причем получается много золы и шлаков, поэтому труд кочегара тяжел, в особенности если торф очень землист.

В виду всего вышесказанного торф требует рациональной топки, где бы все трудности, встречающиеся при работе торфом, были уменьшены до минимума.

Сравнение стоимости эксплуатации двигателей¹⁾.

А. Для небольших производств.

Пусть при электромоторе за 1 киловатт электрическая станция взимает 10 копеек, т.-е. 1,0 коп. за 1 гектоватт.

Паровая лошадиная сила = 736 вольтамперам.

Следовательно двигатель, например, в 20 лш. сил в течение 10 часов будет расходовать

$$20 \times 10 \times 736 = 147\,200 \text{ ВА.} = 147,2 \text{ киловатт}$$

и за энергию станции придется уплатить

$$147,2 \times 10 = 1\,472 \text{ коп.} = 14 \text{ р. } 72 \text{ к.}$$

Стоимость двигателя с установкой будем считать в среднем 1 650 р.; при 20% амортизации и других расходах, падающих на двигатель, это составит в год расход в 330 руб., а в день $\frac{330}{300} = 1 \text{ руб. } 10 \text{ коп.}$

И стоимость 20 сил в 10 часов составит

$$14 \text{ р. } 72 \text{ к.} + 1 \text{ р. } 10 \text{ к.} = 15 \text{ р. } 82 \text{ к.}$$

При газовом двигателе.

Хороший газовый мотор расходует в среднем 0,7 куб. м (1 м³ = 35 куб. футам) газа на 1 силу в час. Если стоимость куб. фута газа примем равной 0,45 коп., то куб. м газа стоит в среднем 16 коп. и

$$10 \times 20 \times 0,7 \times 0,16 \dots\dots\dots 22 \text{ р. } 40 \text{ к.}$$

Вода для охлаждения (20 л = 1,7 ведер на силу в час) при цене 5 коп. за бочку составит

$$\frac{10 \times 20 \times 1,7}{40} \cdot 5 = \dots\dots\dots 0 \text{ р. } 42 \text{ к.}$$

Машинист 2 „ — „

Смазка — „ 40 „

Амортизация и проч. 20% из 3 200 р. в день составит . . . 2 „ 20 „

и всего 27 р. 42 к.

¹⁾ Данные эти имеют, конечно, относительные значения и приводятся только как примеры, указывающие последовательный ход действий для сравнения.

Если мы условно при
в 30 к., то стоимость други

для донецк
для подмос
торфа . .
смешанных
березовых

Укажем как пользоваться
вующее в данный момент т
в данном месте 30 коп. за
Дрова. Мы видели,
при условии, что цена на
и 28 р. 98 коп. за березов
50 к., так что, следовател
татками.

Каменный уголь
может конкурировать с ос
20,6 коп. за пуд. Пусть ц
ном месте около 21 к., так
ваться ли углем или остат
бой преимущество удобства
чества кочегаров, а это в
значение.

Торф. Мы видели в
янии конкурировать с неф
коп.) должен стоить не до
зять, что при благоустрои
торф стоимостью около 10
случаи, когда торф обходи
изводства, которые имеют
работая нефтяными остатк
топливо до 40%. Даже п
ностью не более 3, может
цене по меньшей мере 10
он будет выгоднее остатко

Само собою разуме
тельное значение. Так, н
ном месте выше условно
должно изменять цифров
Кроме дешевизны, то
то преимущество, что не
серы; не развивает сильн
котлы при топке торфом
гом топливе.

Но торф имеет и свои
громоздок, и потому тр

От 20-сильной машины мы в час получаем $20 \times 18 = 360$ кг отра-
ботавшего пара; считая из этого количества 25% на потери, получим
270 кг для целей отопления.

Если будем считать на объем отапливаемого помещения в 75 куб. м
6 кв. м поверхности нагрева труб и на кв. м поверхности нагрева труб
принимая расход в 1,5 кг пара в час, то располагаемый нами отрабо-
тавший пар можно применить для поверхности нагрева труб в 180 кв. м
 $\left(\frac{270}{1,5}\right)$ или для объема помещения $\frac{180 \cdot 75}{6} = 2250$ куб. м.

Если бы специально устроить для данного помещения отопление
паром низкого давления, то 180 кв. м в час должны дать (420×180)
76 500 кал. Если мы для этой цели применим уголь, способный развить
6 500 калорий, то при 60% полезного действия топкой получить эти
76 500 калорий можно, расходуя $\frac{76\,500}{6\,500 \cdot 0,6} =$ почти 20 кг угля в час и
в 10 час. = 200 кг = 13 пуд. угля = $13 \times 16 = 2$ р.

Так что стоимость эксплуатации паровой машины обошлась бы уже
не в 14 р. 53 к. (—2 р.), а только в 12 р. 53 к., вернее еще 2 руб.
дешевле, так как мы не учли перевода на отопление части расходов
по эксплуатации машины.

Когда требуется поставить двигатель свыше 20 сил, то за весьма
малыми исключениями стоимость эксплуатации паровых машин сравняется
со стоимостью эксплуатации нефтяных и керосиновых, особенно если от-
работавший пар машины будет применен частью для целей отопления.

Приведенными примерами мы указали, как в разных случаях должно
решать вопрос, какой двигатель выгоднее поставить.

Для этого следует выяснить:

- 1) Какое количество топлива расходуется одной силой рассматри-
ваемого двигателя и во сколько обходится кг топлива.
- 2) Во что обойдется единица воды, необходимая для питания и
охлаждения.
- 3) Стоимость данной машины с принадлежностями для определения
величин амортизации других расходов.
- 4) Стоимость смазки.
- 5) Стоимость ухода.

Следовало бы принять еще во внимание удобство ремонта и способ-
ность машины работать без излишних простоев; но эти последние со-
ображения могут быть решены лишь техником, знакомым с техническими
условиями данного района, где думают установить машину.

Из всех этих сопоставлений усматривается, что, при существующей
у нас цене на нефть и керосин, для небольших двигателей — нефтяные и
керосиновые являются наиболее выгодными, если не идет речь о мест-
ностях очень отдаленных, куда доставка жидкого топлива затруднена.

В. Для крупных оборудований.

Выбор двигателя для средних и крупных оборудований зависит от специфических условий работы данного предприятия и величины потребляемой мощности. Так, в металлургических производствах с отходом доменных и коксовых газов устанавливаются газовые двигатели, работающие по принципу всасывания. Газогенераторные двигатели средних мощностей находят широкое применение в производствах, имеющих дровяные горючие отбросы, например в маслобойной промышленности (топливо-подсолнечная лузга), мельничной и некоторых других. На центральных станциях других производств применяют главным образом дизельные и турбинные установки, при чем средние мощности оборудуются преимущественно дизелями.

Однако, еще далеко не отжила свой век и поршневая паровая машина, имеющая широкое применение там, где при сравнительно небольших мощностях требуется отбор пара для нагревательных целей, где работа происходит в условиях неравномерной нагрузки и там, куда завоз жидкого горючего затруднен.

Нижеприведенными соображениями мы желали бы дать возможность приобретающему двигатель разобраться в каждом частном случае при решении вопроса о выборе двигателя.

Общие положения.

Лошадиная сила в час представляет работу $75 : 60 \cdot 60 = 270\,000$ к.м.

Калория (единица теплоты) эквивалентна 425 к.м; следовательно, чтобы получить 270 000 к.м работы, надо израсходовать

$$\frac{270\,000}{425} = 635 \text{ калорий.}$$

а) При желании пользоваться паровыми машинами:

1) При каком давлении пара в котле будем работать (p в ат)?

2) Какое количество тепла заключается в одном ки этого пара

(W един. тепла — см. таблицы)?

3) Сколько ки пара будет расходовать машина в час S (от 14—6)?

4) Сколько калорий это составляет ($W \cdot S$)?

5) Утилизируемое тепло пара машиной в час.

Ответ:

$$E = \frac{635}{W \cdot S} 100 = K' \%$$

7) Чему равен коэффициент полезного действия котла (0,6—0,7)?

8) Какое количество тепла, заключенного в топливе, машина преобразует в работу мощностью в 1 силу?

$$E_1 = (0,6 \text{ до } 0,7 \text{ K} \%)$$

б) При желании пользоваться газовыми машинами со светильным газом:

1) Чему равна теплопроизводительность данного газа на 1 куб. м (W_1 — около 5 000 кал.)?

2) Какое количество газа в куб. м расходуется на силу в час

(S_1 — от 0,9—0,4)?

3) Какое количество тепла используется полезно двигателем?

Ответ:

$$E_1 = \frac{635}{W_1 \cdot S_1} 100 = K_1 \%$$

с) При пользовании генераторным газом (при генераторе с нагнетанием или всасыванием).

1) Какое количество (в ки) антрацита или кокса гарантируется на полезную силу?

с нагнетанием:

с всасыванием:

$$[S_2 = \begin{cases} \text{при антраците} \dots 1-0,5 & \text{при антраците} \dots 0,8-0,4 \\ \text{„ коксе} \dots 1,2-0,6 & \text{„ коксе} \dots 1-0,5 \end{cases}$$

2) Чему равна теплопроизводительность антрацита (около 8 000), или кокса (около 7 000) W_2 ?

3) Какое количество тепла тратится на силу в час?

Ответ:

$$E_2 = \frac{635}{W_2 \cdot S_2} 100 = K_2 \%$$

4) Чему равен коэффициент ($E_{\text{ген}}$) полезного действия генератора?

Определить: а) сколько килограммов (n) генераторного газа дает 1 ки антрацита или кокса (обыкновенно 5);

б) теплотворную способность (W' — обыкновенно 1 200 калорий) одного куб. м газа; тогда

$$E_{\text{ген}} = \frac{W' \cdot n}{W_2} = K' \%$$

(70—75% при нагнет., 60—67 при всас.).

5) Чему равен экономический коэффициент всего устройства?

$$E_2 = E_{\text{ген}} \cdot E_{\text{дв.}}$$

6) Сколько будет израсходовано тепла двигателем при наивыгоднейшем действии его и генератора?

$$E_{\text{ген}} \cdot W_2$$

7) Чему равен экономический коэффициент двигателя?

$$E_{\text{дв.}} = \frac{635}{E_{\text{ген}} W_2} 100 = K_2 \%''$$

а) При использовании бензиновым двигателем.
1) Чему равен расход бензина в кг на силу час?

$$(S_{\text{бен}} = \text{обыкновенно } 0,6 - 0,3 \text{ кг}).$$

2) Чему равна теплотворность бензина?

$$(W_{\text{бен}} = \text{обыкновенно } 10\,090 \text{ калории}).$$

3) Чему равен расход топлива в час?

$$W_{\text{бен}} = S_{\text{бен}}$$

4) Чему равен $\eta_{\text{бен}}$

$$\eta_{\text{бен}} = \frac{665}{W_{\text{бен}} S_{\text{бен}}} \cdot 100 = K_{\text{бен}} \%$$

(Пользователь бензиновых двигателей, вообще говоря, меньше газовых, потому что, во-первых, сгорание бензина не полное и, во-вторых, невозможно работать с сильными сжатиями (выше 6 атм) горючей смеси, так как легко получить преждевременные воспламенения. При вырыскивании из пространства сжатия воды (двигатель Банки) достигли $\eta_{\text{бен}} = 29\%$).

б) При использовании пропановым или нефтяным двигателями.

1) Чему равен расход керосина (нефти) в кг на 1 с/ч?

$$(S_{\text{кер}} = \text{обыкновенно } 0,65 - 0,35 \text{ кг}).$$

2) Чему равна теплопроводимость керосина (нефти)?

$$(W_{\text{кер}} = \text{обыкновенно } 10\,560).$$

3) Чему равен расход топлива на 1 с/ч ($W_{\text{кер}} S_{\text{кер}}$)?

$$4) \text{ Чему равен } \eta_{\text{кер}} = \frac{665}{W_{\text{кер}} S_{\text{кер}}} \cdot 100 = K_{\text{кер}} \%$$

Если проделать ряд расчетов для машин одного и того же мощности, т. е. для паровых, нефтяных и газовых (включая сюда и керосиновые и бензиновые), то окажется, что коэффициент полезного действия нефтяных и газовых машин будет находиться в пределах от 10% до 30%, а паровых — от 1% до 15%.

При чем, выходя из пределов, получаемых для обычных паровых машин, можно и дальше идти, переставляя пар, а не воду — для паровых машин, работающих при сверхкритических давлениях.

Несколько лет назад характер громадных преимуществ двигателей внутреннего сгорания перед паровыми, если приравнять к усло-

виям, при которых машинам при данном оборудовании вообще приходится работать.

Редкий паровой двигатель, будь то поршневая машина или турбина, ставится на определенную мощность. Всегда имеется в виду, что производство увеличится или уменьшится, и согласно с этими соображениями выбирают машины того или другого размера, которые должны удовлетворять изменяющимся требованиям; да и вообще машины работают либо форсированно, либо нормально, либо меньше нормальной мощности.

Вот при этих-то эксплуатационных условиях, — условиях, далеко не исключительных, — двигатели внутреннего сгорания пасуют совершенно перед паровыми.

Составленная по этому поводу таблица Н. Haeder'ом, на основании работ Е. Meyer'a, Schöttler'a и Н. Hubert'a и дополненная нами, дает следующие данные.

Отношение расхода топлива на силу в час.

Нагрузка	Двигатель светильного газа	Самовсасывающий газогенератор	Паровой двигатель	Двигатель Дизеля	Нефтяной двигатель
1,3	—	—	1,03	—	—
1,2	—	—	1,02	—	—
1,1	—	—	1,01	1,10	1,10
1,0	—	1,0	1,0	1,00	1,00
0,9	—	1,09	1,01	—	—
0,8	—	1,10	1,02	—	—
0,7	1,10	1,18	1,04	1,10	1,15
0,6	1,20	1,28	1,06	1,15	—
0,5	1,35	1,42	1,1	1,25	1,30
0,4	—	1,65	1,16	—	—
0,3	1,60	1,75	1,25	1,50	—
0,2	1,9	2,00	1,48	1,70	1,80
0,1	—	3,60	1,94	—	—

Посмотрим на примерах, что указывает нам эта таблица.

Пример I. Пусть имеем газовый двигатель при всасывающем генераторе, который расходует при полной нагрузке на 1 с/ч 0,6 антрацита. Если бы этому двигателю пришлось работать с половинной нагрузкой, то расход антрацита будет $1,42 \cdot 0,6 = 0,85 \text{ кг}$ на 1 с/ч.

Пример II. Пусть, далее, имеем паровую машину, которая, развивая нормальную свою мощность, расходует на 1 с/ч 0,8 кг. Эта машина, когда она будет развивать $\frac{1}{2}$ своей нормальной мощности, потребует $1,1 \cdot 0,8 = 0,88 \text{ кг}$ угля на 1 с/ч.

Многие держатся того мнения, что так как двигатели, действующие на силовом газе, топливо коих (антрацит и кокс) однородно с топливом паровых машин, а экономическое действие вообще газовых двигателей выше, чем у паровых машин, то газовые двигатели представляют, вообще говоря, опасного конкурента для паровых машин даже большой мощности. Это мнение верно только до тех пор, пока не будут приняты условия работы машины: когда паровой машине и газовым двигателям на газе (даже Довсона и даже при всасывающем генераторе), приходится работать не при нормальной нагрузке, а при нагрузке меньшей нормальной, тогда преимущества паровой машины могут при некоторых частных условиях выступить очень резко.

Для выяснения этого не приходится даже прибегнуть к машинам очень больших мощностей. Мы сравним при переменных условиях работы машины в 200 л. с. паровой и газовой при всасывающем генераторе.

Пусть имеем паровую машину в 200 сил; расход угля на силу составляет 0,9 кг при условной цене угля в 1 копейку с 1 кг (16 копеек пуд). Допустим, что условия работы машины будут таковы:

5 часов с мощностью	в 70 с.
3 " " "	" 130 "
2 " " "	" 200 "
10 ночью " "	" 50 "

Расход угля при нормальной работе был бы в час при мощности в

$$200 - 200 \cdot 0,9 \cdot 1 = 180 - 1 \text{ р. } 80 \text{ к. или в 2 часа} = 3 \text{ р. } 60 \text{ к.}$$

(см. табл.)

$$\left. \begin{array}{l} 130 \\ 70 \\ 50 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{при отношении} \\ \left(\frac{130}{200} \right) = 200 \cdot 0,9 \cdot 1,06 = 1 \text{ р. } 90 \text{ к.} \times 3 \text{ час.} = 5 \text{ р. } 70 \text{ к.} \\ \left(\frac{70}{200} \right) = 1 \text{ р. } 80 \text{ к. } 1,25 = 2 \text{ „ } 25 \text{ „} \times 5 \text{ „} = 11 \text{ „ } 25 \text{ „} \\ \left(\frac{50}{200} \right) = 1 \text{ „ } 80 \text{ „ } 1,48 = 2 \text{ „ } 66 \text{ „} \times 10 \text{ „} = 26 \text{ „ } 60 \text{ „} \end{array}$$

Всего топлива в 20 часов на 47 р. 15 к.

Такая же машина газовая при всасывающем генераторе на антраците составляет 0,7 кг на силу; при условной цене антрацита 11 коп. с 1 кг (18 коп. пуд), получим: при мощности в

$$\begin{array}{l} 200 \cdot 200 \cdot 0,7 = 140 \cdot 1,1 = 1 \text{ р. } 54 \text{ к.} \quad \times 2 \text{ ч.} = 3 \text{ р. } 08 \text{ к.} \\ 130 \cdot 200 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 1,28 = 1 \text{ „ } 54 \text{ „} \times 1,28 = 1 \text{ р. } 97 \text{ к.} \times 3 \text{ „} = 5 \text{ „ } 91 \text{ „} \\ 70 \cdot 200 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 1,95 = 1 \text{ „ } 54 \text{ „} \times 1,75 = 2 \text{ „ } 69 \text{ „} \times 5 \text{ „} = 13 \text{ „ } 45 \text{ „} \\ 50 \cdot 200 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 2,0 = 1 \text{ „ } 54 \text{ „} \times 2,0 = 3 \text{ „} \times 10 \text{ „} = 30 \text{ „ } 00 \text{ „} \end{array}$$

Всего топлива в 20 часов на 52 р. 44 к.

При мощности же нормальной, без перерыва, преимущества получатся для газового двигателя при всасывающем генераторе. Имеем в данном случае для паровой машины при 20-часовой работе:

$$200 \cdot 0,9 \times 1 \text{ к.} \times 20 = 1,80 \cdot 20 = 36 \text{ руб.},$$

а для газового двигателя при всасывающем генераторе:

$$200 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 20 = 1,54 \cdot 20 = 30 \text{ р. } 80 \text{ к.},$$

т.-е. выгода в этом последнем случае получается в 17% в пользу газового двигателя.

При переменной же работе двигателя, как в вышеприведенном примере, выгода получается для паровой машины в размере около 6%. Последняя цифра, конечно, случайная; при других условиях работы эксплуатационные расходы, конечно, соответственно изменятся в ту или другую сторону.

Само собою разумеется, что при другом виде топлива, например, при пользовании лузгой или отходящими горючими газами преимущества будут не в пользу паровой машины.

При составлении сравнения эксплуатации принимается во внимание:

Объем кладки для фундамента газогенераторных моторов	0,5 куб. м по 1 N_n .
Установка	50%.
На машинное здание	0,66 кв. м площ. на 1 N_n .

Для паровой машины.

Фундамент, установка и паровые трубы . . .	30—40 руб. на 1 N_n .
Фундамент, обмуровка котлов, установка котлов и дымовые трубы	35—55 „ по 1 N_n .
На машинное и котельное здание	3 кв. саж. пола на 1 N_n .

Сравнения первоначальной затраты на установку и эксплуатацию газогенераторного двигателя с паровой машиной¹⁾.

А) Первоначальная затрата.

- 1) Двухцилиндровый газогенераторный двигатель мощностью в 500 действит. лошадиных сил с 2 генераторами, запасным скруббером, очистителем, самопускателем, трубопроводами 37 300 р.
- 2) Здание и фундаменты для газообразователя и двигателя 9 000 „
- 3) Монтаж 1 200 „
- 4) Фрикционная муфта для передачи на главный вал при 200 оборотов 1 350 „

48 850 руб. 48 850

¹⁾ Цены указаны для примера и ни в коем случае не могут служить исходным моментом даже для первого грубого приближения.

1) Горизонтальная паровая машина компаунд мощностью в 500 дейст. л. с., с конденсацией под полом машинного здания, с клапанным парораспределением, со всеми трубопроводами	15 900 р.
2) Два паровых котла ланкаширских (запасный) с полной арматурой и гарнитурой, паровым насосом, пароперегревателем, водоподогревателем и трубопроводами	15 500 „
3) Здание и фундаменты для котлов и паровой машины, обмуровка котлов	10 000 „
4) Дымовая труба с фундаментом	2 500 „
5) Монтаж	1 200 „
	<hr/>
	45 100 р. . 45 100

В) Эксплоатация. Расходы в течение года (300 суток à 24 часа¹⁾).

а) Для газогенераторного двигателя:	
1) Проценты на капитал (считая из 6% годовых 48 850)	2 931 р.
2) Амортизация:	
а) 10% машинное устройство	3 988 „
б) 5% здание	450 „
3) Уход [1 машинист (100 р.), 1 помощник (60 р.) и 2 кочегара (2 × 30)]	2 640 „
4) Смазочный материал	1 150 „
5) Ремонт и чистка (около 1%)	488 „
6) Расход донецкого антрацита на действительную силу в час = 1,25 фунта считая по 20 коп. за пуд	6 750 „
	<hr/>
Всего	18 394 р.

Примечание.

Не включены градирня, цистерна для нефти, очистка воды.

б) Для паровой машины:	
1) Проценты на капитал (6% с 45 100)	2 706 р.
2) Амортизация:	
а) 10% машинного устройства	3 260 „
б) 5% здание	500 „
3) уход [1 машинист (80 р.), 1 помощник (1 р. 60 к., 2 кочегара (2 × 40)]	2 640 „
4) Смазочный материал	820 „
5) Ремонт и чистка	345 „
6) Расход нефти на 1 N_n в час, принимая расход пар 6—7 кг, что составит 1,7 ф. при цене на нее по 30 к. за пуд ²⁾	13 815 „
	<hr/>
	24 086 р.

¹⁾ Проценты, ставки и цены даны только для примера и не отвечают действительности.
²⁾ Исключая общепринятых 10% на растопку и разводку паров.

Калькуляция себестоимости энергии, производимой двигателем.

Наименование расходов	Единичные цены в рублях или % %	Сумма (рубли)	Годовой расход (рубли)
I. Постоянные расходы.			
1) Стоимость машин и котлов со всем необходимым; монтаж; стоимость приемного испытания; строительные работы; фундаменты; дополнительные (непредвиденные) расходы, как-то: стоимость системы передачи мощности и т. п.	—	00 000	—
2) Стоимость аренды земли, здания, склада под топливо	—	0 000	—
3) Стоимость водоснабжения (водопровод, градирня и т. п.)	—	0 000	—
Капитализация по пунктам 1—3 %	00	0 000	0 000
Списывание по пун. 1 амортиз. 12%+10% на капитал	00	—	00 000
Списывание по пун. 2 амортиз. 5%+10% на капитал	00	—	000
Списывание по пункту 3	—	—	—
(Стоимость земли не амортизируется).			
В. Страхование	0	00 000	000
С. Постоянный служебный персонал	—	—	0 000
Д. Начисление на зарплату	—	—	000
II. Переменные расходы.			
А. Служебный персонал и ремонт:			
1) Машинная установка (котлы).			
Персонал $3 \times 1200 =$	—	—	0 000
Начисления на зарплату	—	—	000
Ремонт %	0,0	—	0 000
2) Ремонт зданий %	0,0	—	000
3) Водоснабжения. Персонал и начисления и ремонт %	0,0	—	000
В. Смазочный и обтирочный материал, набивка .	—	—	0 000
С. Стоимость топлива:			
а) Удельный расход горючего при нормальной нагрузке %	0,000	—	—
б) Средний годовой расход горючего на эф. с./ч. %	0,000	—	—
в) Прибавок на ухудшение $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$ 0,055 ¹⁾ %	0,000	—	0 000

Дополнительный (к II тому) список литературных источников, которым пользовались автор и редактор.

Croft Terrell. Steam turbine. Principles and practice.
 A. Pohlhausen. Dampfturbinen.
 Hugo Güldner. Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgasanlagen.

¹⁾ Δ_1 — обозначает расход горючего на пуск двигателя, например, поднятие паров, растопку генератора у газогенераторного двигателя, нагревание калоризатора у нефтяного двигателя;
 Δ_2 — расход на нагрузку;
 Δ_3 — служебный расход, как, например, перекачка воды для питания котлов, для конденсатора, для охлаждения, на освещение машинного помещения и т. п.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие	СТР. 4
Двигатели внутреннего сгорания.	
ГЛАВА I. Классификация и общее описание двигателей. Рабочий процесс.—Двигатели быстрого сгорания.—Двигатели постепенного сгорания (дизеля)	5—36
ГЛАВА II. Установка тяжелых частей двигателей. Общие указания.—Подготовительные работы.—Установка мел- ких двигателей.—Установка рамы, плиты и внешнего под- шипника.—Установка коренного вала, маховика и ста- нины	37—49
ГЛАВА III. Установка поршня, шатунно-кривошипного механизма и цилиндровой крышки. Поршень и его монтаж.—Шатун и его монтаж.—Установка цилиндровой крышки	50—58
ГЛАВА IV. Установка вспомогательных деталей и прокладка трубопроводов. Монтаж компрессора и воздушных резервуаров.—Монтаж нефтяных фильтров и баков.—Монтаж глушителя и про- кладка трубопровода для выхлопных газов.—Прокладка трубопроводов.—Монтаж смазочных аппаратов и трубо- проводов	59—77
ГЛАВА V. Монтаж распределительных и регулирующих механизмов. Распределительный вал, его опоры и сочленения.—Кулачные шайбы, эксцентрики, рычаги и передачи.—Поверка рас- пределения.—Регулирование.—Нефтяные насосы	78—97
ГЛАВА VI. Охлаждение двигателей. Охлаждающие устройства	98—109
ГЛАВА VII. Пуск в ход и неисправности в работе. Подготовка двигателя к пуску в ход.—Пуск в ход.—Непра- вильности в работе двигателей.—Ориентировочная сводка неисправностей, возникающих при пуске и в работе дви- гателей	110—165
ГЛАВА VIII. Индицирование. Общие указания.—Характеристика диаграмм.—Счетчики мощ- ности и регистраторы нагрузок	166—195

Паровые турбины.

ГЛАВА IX. Принципы работы и классификация паровых турбин.

Историческая справка.—Два принципа действия пара в тур- бинах.—Работа пара в турбинах.—Ступени в турбине	196—209
---	---------

ГЛАВА X. Турбины высокого давления.

Одноступенчатые активные турбины.—Многоступенчатые актив- ные турбины.—Реактивные (с избыточным давлением) турбины.—Смешанные турбины (активно-реактивные)	210—248
--	---------

ГЛАВА XI. Турбины для отработавшего пара и с отбором пара для нагревательных целей.

Общее замечание о турбинах низкого давления и комбиниро- ванных для низкого и высокого давления.—Конструктив- ное выполнение турбин низкого давления.—Конструктив- ное выполнение турбин двойного давления.—Тепловые и паровые аккумуляторы.—Общие указания в отношении использования теплоты турбин с отдачей нагревочного пара.—Турбины с противодавлением.—Турбины с отбором пара	249—278
---	---------

ГЛАВА XII. Детали турбин и их обслуживание.

Турбинные валы.—Подшипники.—Сальники	279—299
--	---------

ГЛАВА XIII. Регулирование турбин.

Общие сведения.—Регулирование одноступенчатых активных турбин.—Регулирование многоступенчатых активных тур- бин.—Регулирование реактивных турбин.—Регулирование турбин двойного давления и с промежуточным отбором пара	300—322
---	---------

ГЛАВА XIV. Конденсация паровых турбин.

Общие указания и устройство конденсации.—Поверхностные конденсаторы.—Конденсаторы со впрыскиванием.—Насосы конденсационных устройств	323—338
--	---------

ГЛАВА XV. Установка паровых турбин.

Общие указания о распорядке работ.—Порядок работ при сборке крупных агрегатов.—Меры предосторожности при установке.—Окончательная установка турбины.—Инструк- ции	339—356
--	---------

ГЛАВА XVI. Смазка машин.

СТР.

Действие смазочных веществ.—Смазочные вещества.—Номен-
клатура и спецификация русских смазочных масел.—Испы-
тание смазочного материала.—Вторичное употребление
смазочного масла.—Различные смазочные вещества.—
Приборы для смазки.—Смазка рабочих цилиндров.—Ула-
вливание и утилизация масла, отработавшего в паровых
цилиндрах 357—407

ГЛАВА XVII. Определение эффективной мощности двигателей.

Общие указания.—Нажим Прони, расчет его деталей и произ-
водство испытания.—Ленточный тормоз.—Динамометр
Фишингера.—Измерение расхода работы в динамо-машине . 408—425

ГЛАВА XVIII. Уход за частями электроосветительной установки.

Нормальная работа динамо-машины.—Причины неправильного
действия динамо-машины.—Неисправности в электроосве-
тительной установке.—Неисправности в сети.—Уход за
аккумулятором 426—455

ГЛАВА XIX. Материалы для прокладок и набивок разъемных соединений.

Металлические прокладки.—Неметаллические прокладки.—
Металлические набивки.—Неметаллические набивки.—
Разный материал для прокладок и набивок 456—469

ГЛАВА XX. Установка приводов.

Общие приемы провешивания осей валов.—Четыре главных
случая при установке валов.—Проверочные работы.—При-
пасовка вкладышей к валу и подшипникам.—Влияние под-
шипников на экономичность в расходе мощности машины-
двигателя.—Установка полуперекрестной и угловой ре-
менной передачи.—Некоторые соображения при пользо-
вании ременными передачами.—Надевание приводных
ремней.—Уход за проволоочными канатами.—Уход за пень-
ковыми канатами.—Правила для ухода за ременной пере-
дачей.—Наклейка кожи на валы и шкивах 470—517

ГЛАВА XXI. Сравнительные калкуляционные данные.

Сравнение стоимости пуда пара при употреблении разного
рода топлива.—Сравнение стоимости эксплуатации дви-
гателей.—Калкуляция себестоимости энергии производи-
мой двигателем 518—533

Государственное Техническое Издательство

Москва, ГСП 2, Ильинка, пр. им. Владимирова (б. Юшков пер.), 4. Тел. 4-32-90.

Киршке А., инж. Начертательная геометрия в приложении к машино-
строению. Руководство для преподават. в техническ. училищ.
для самообуч. и для пользования на практике. Пер. с нем. инж.
А. Ф. Момма. М. 1925 г. 168 стр. 385 рис. Ц. 2 р. 50 к.

Кузьмин К. И., инж. Детали машин их расчет и конструирование.
Руководство и справочная книга для заводских практиков и уча-
щихся в технических учебных заведениях. Научно-Методологич.
Комит. Наркомпроса УССР допущено в качестве пособия для
профтехнических школ и ФЗУ. М. 1928 г. 160 стр. 328 рис.
Ц. 2 р. 65 к.

Лобач-Жученко Б. М., проф. Краткий описательный курс двигателей
внутреннего сгорания. Для техникумов, ФЗУ, профтехнич. школ,
курсов и самообразования. М. 1927 г. Изд. 2-е. 64 стр. 115 рис.
Ц. 90 к.

Морголиусов-Турковский А. М., горн. инж. Справочник по топливу,
осветительным продуктам и смазочным материалам. М. 1926 г.
260 стр. Ц. 2 р. 35 к.

Мюнцингер Ф., проф. Современные крупные паровые котлы. Обзор
новейших достижений в области повышения производительности
и экономичности паровых котлов, а также способа аккумулярования
работы посредством горячей воды. Сост. по Мюнцингеру инж.-техн.
Л. А. Борович. М. 1927 г. 160 стр. 219 рис. Ц. 2 р. 40 к.

Павлов Б. П., инж. Основы строительной механики плоских систем.
Статически определимые системы. М. 1928 г. 96 стр. 70 рис. Ц. 1 р. 70 к.
Госуд. Учен. Сов. допущено в качестве пособия для ВТУЗ'ов.

Его же. Основы строительной механики плоских систем. Статически
неопределимые системы. М. 1929 г. 144 стр. 96 рис. Ц. 1 р. 75 к.
Гос. Учен. Сов. допущено в качестве пособия для ВТУЗ'ов.

Падлер Г., инж. Расчеты по железобетону. Практич. руководство с 45 под-
робно разработ. примерами расчета, 38 табл. и 82 черт. Пер. с нем.
инж. С. М. Суриса и С. Е. Фрида. М. 1929 г. Изд. 2-е. 184 стр.
Ц. 2 р. 30 к.

Польгаузен А., инж. Поршневые паровые машины. Учебник и справоч-
ная книга для учащихся, техников и инженеров. Пер. с нем. инж.-техн.
Л. А. Боровича. М. 1927 г. Изд. 3-е, исправл. и дополнен. 436 стр.
440 рис. и 23 таблицы в отдельном атласе. Ц. 7 р. 50 к.

Его же. Паровые турбины. Руководство и справочная книга для
учащихся, техник. и инженеров. Пер. с нем., под ред. и с дополн.
инж.-техн. Л. А. Боровича. М. 1928 г. 264 стр. 251 рис. и 18 табл.-
чертеж. в отдельн. атласе. Ц. 4 р. 50 к., в папке 5 р.

Сушков В. В., проф. Техническая термодинамика. Теория тепловых
двигателей. Руководство для высших техническ. учебн. заведен.
М. 1926 г. 208 стр. 169 рис. Ц. 3 р. 10 к.

Флоров С. Ф., инж. Тепловые расчеты топок и печей. Сборн. упражнений (с подробн. решен.). Пособие для учащихся в высш. и средн. технич. школах. С предисл. проф. А. И. Сидорова. М. 1928 г. Изд. 2-е, дополн. 96 стр. 14 рис. Ц. 1 р. 20 к.

Фэппль О., проф., Штромбек Г., инж. и Эберман Л., проф. Быстроходные двигатели Дизеля. Описание, испытание, расчет, конструкция и работа. Пер. с нем. инж. Л. А. Боровича. М. 1927 г. 164 стр. 148 рис. и 8 табл. Ц. 2 р.

Хедер Г. Большая паровая машина и первая помощь в несчастных случаях с нею. Практическое руководство к уходу и надзору за паровой машиной. Пер. с нем., под ред., с добавл. и в обраб. проф. А. И. Сидорова. М. 1930 г. Изд. 2-е. 660 стр. 880 рис. Ц. 2 р. 40 к., в папке 2 р. 75 к., в кол. пер. 2 р. 90 к.

Его же. Большой двигатель внутреннего сгорания. Повреждения, неисправности и их устранение. Установка и ремонт двигателей внутреннего сгорания и генераторов. Пер. с нем. под ред. инж. К. Н. Астафьева. М. 1929 г. 540 стр. 759 рис. Ц. в папке 3 р. 35 к., в коленк. перепл. 3 р. 55 к.

Хедер В., инж. Большой насос и большой компрессор. Пер. с нем. под ред. проф. А. А. Бурдакова. М. 1930 г. 196 стр. 243 рис. Ц. 75 к., в папке 95 к.

Холль П., инж. и Глунк Е., инж. Расчет и проектирование гидросиловых установок. Пер. с нем. инж. Т. Л. Гинзбург, под ред. проф. Ф. Е. Максименко. М. 1929 г. 148 стр. 41 рис. Ц. 1 р. 60 к., в папке 1 р. 95 к., в коленк. перепл. 2 р. 20 к.

Худяков П. К., засл. проф. Как рассчитывают на крепость части машин и сооружений. Курс сопротивления материалов без высшей математики, с решенными задачами из области машиностроения, инженерного дела и жилищно-строительной практики. Ч. I и II. М. 1927 г. Изд. 2-е. 408 стр. 256 рис. Ц. 5 р. 60 к.

Его же. Сопротивление материалов. Курс, читанный в высшем Моск. Технич. училище. Курс в двух частях и задачник. М. 1928 г. Изд. 5-е с дополн. 430 стр. 325 рис. Ц. 5 р. 90 к., в папке 6 р. 35 к., в коленк. перепл. 6 р. 65 к.

Хютте — производственный. Справочник по технике производства, организации производственных предприятий и вопросам труда для инженеров и техников-производственников и красных директоров. Перераб. перев. с нем. Под общей ред. Моск. Механич. Института им. М. В. Ломоносова. М. 1927 г. 1356 стр. 1132 рис. Ц. в коленк. перепл. 12 р.

Хютте. Справочная книга для инженеров, архитекторов, механиков и студентов. Том I. Пер. с 25-го нем. изд. под общей ред. Моск. Механич. Инстит. им. М. В. Ломоносова. М. 1930 г. Изд. 13-е. XII+1194 стр. 772 стр. Ц. в коленк. перепл. 6 р. 40 к.

Хютте. Справочная книга для инженеров, архитекторов, механиков и студентов. Том II. М. 1929 г. Изд. 12-е. X+1470 стр. 1874 рис. Ц. в коленк. перепл. 13 р. 35 к.

Хютте. Томы III и IV печатаются и в ближайшее время поступят продажу.

200
Цекометр. УРОЧНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ для строительных работ в метрических и русских мерах (офиц. издание). М. 1930 г. Изд. 3-е. XXIV+336 стр. Ц. в папке 4 р.

Рошефор Н. И. ИЛЛЮСТРИРОВАННОЕ УРОЧНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Пособие при составлении и проверке смет, проектировании и исполнении работ. Перечисленное на метрич. меры, с исправл., дополн. в обработке и под общей ред. проф. С. М. Герольского. Ч. I. М. 1930 г. Изд. 13-е. XXII+320 стр. 536 рис. Ц. в папке 3 р. 60 к., в кол. перепл. 3 р. 85 к.

Его же. ИЛЛЮСТРИРОВАННОЕ УРОЧНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ на общестроительные работы. Ч. II. М. 1930 г. Изд. 13-е. 356 стр. 371 рис. Ц. в папке 3 р. 60 к., в кол. перепл. 3 р. 85 к.

То же. Ч. III—ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ к иллюстрированному урочному положению на специальные работы. Отопление, вентиляция, водопровод, канализация и электромонтаж. М. 1930 г. 368 стр. 349 рис. Ц. 3 р. 60 к. в папке, в кол. пер. 3 р. 85 к.

Техническая книга (свыше 15 000 названий) доставляется КНИЖПОЧТОЙ при книжных магазинах Гостехиздата быстро и аккуратно. При заказе свыше 5 руб. пересылка за счет Издательства. Обращаться по адресам: Москва, 9. Петровка, 15, тел. 5-96-72. Ленинград 14, просп. Володарского, 53-а, тел. 161-75. Каталог высылается по требованию.

„ГОСТЕХИЗДАТ“

Москва, ГСП 2, Ильинка, проезд им. Владимира (б. Юшков пер.), 4

ТЕЛЕФОНЫ:

Правление	4-32-90	Торговый отдел	5-72-12
Редакц. отд.	5-02-92	Бухгалтерия	3-13-81
Технич. отд.	2-56-34	Склад: Покровка, 28, . . .	4-91-28

КНИЖНЫЕ МАГАЗИНЫ:

Москва.

Тверская, 25, тел. 5-58-47.
Петровка, 15, тел. 1-67-05.
Разгуляй, 38/2, тел. 1-95-51.
Ул. 1-го Мая (б. Мясницкая), 3,
тел. 4-39-09.
Арбат, 2, тел. 2-56-03.
Моховая, 15, тел. 1-24-85.
1-я Мещанская, 65.

Ленинград.

14, просп. Володарского, 53-а,
тел. 161-75.
25, просп. Володарского, 59 (угол
пр. 25 Октября), тел. 498-83.
Центр, просп. 25 Октября, 24,
тел. 169-37.

Харьков.

Улица 1-го Мая, 8, тел. 1-01.

Днепропетровск.

Просп. Карла Маркса, 63.

Киев.

Ул. Воровского, 35, тел. 37-08.

Иваново-Вознесенск.

Ул. Красной Армии, 22, тел. 25.

Н.-Новгород.

Ул. Свердлова, 10.

Ул. Свердлова, 19, тел. 22-14.

Свердловск.

Ул. Малышева, 58/1, тел. 14-38.

Ул. Вайнера, 14, тел. 16-49.

Тифлис.

Спуск Елбакидзе, 1.

Баку.

Кривая, 13, тел. 56-60.

Ростов-на-Дону.

Ул. Энгельса, 110.