

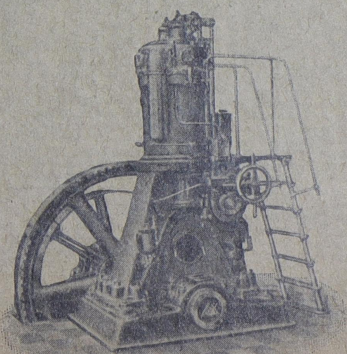
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

СИСТЕМЫ „ДИЗЕЛЬ“

СОСТАВИЛ ИНЖЕНЕР Я. Ф. АЛЬТШУЛЕР

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Д. Н. ДЬЯКОВА, ПРОФ. ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМЕНИ М. И. КАЛИНИНА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ



ИЗДАНИЕ АВТОРА
ЛЕНИНГРАД • 1929

щение с наружным воздухом (топка парового котла), то образующиеся продукты сгорания (топочные или дымовые газы) имеют возможность свободно расширяться при нагревании; воспринимая теплоту, выделяемую при горении, продукты сгорания приобретают высокую температуру, но давление их остается практически равным давлению окружающего атмосферного воздуха. В таком состоянии газы не могут непосредственно совершать работу; если бы их впустить внутрь цилиндра с подвижным поршнем, то они не могли бы передвигать поршня, а, следовательно, и приводить в действие двигателя, потому что их давление на поршень с одной стороны уравновешивалось бы равным давлением наружного воздуха на обратную сторону поршня.

Для того, чтобы использовать в работу теплоту таких продуктов сгорания, обыкновенно в особом устройстве—в паровом котле—их заставляют производить испарение воды, т.-е. доставлять водяной пар более или менее высокого давления—(обычно 12—16 атмосфер; в настоящее время уже доходят до 60 атм. и даже выше). Имея давление, значительно большее, чем давление наружного воздуха, пар сможет создать движущую силу на поршень и передвигать его. Физические свойства пара оказываются весьма благоприятными в том отношении, что дают возможность значительно понизить давление на обратную сторону поршня, путем создания здесь разрежения (вакуума); для этого необходимо устройство так наз. конденсатора, в котором образуется давление значительно ниже давления наружного воздуха. Необходимо отметить, что практически это возможно только для пара; для газов такое устройство не дало бы пользы. По существу дела, однако, это не меняет правильности приведенного выше рассуждения. Входить в подробности этого вопроса мы здесь не можем; они могут быть найдены в соответствующих выпусках настоящего издания.

Следовательно, продукты сгорания, полученные при атмосферном давлении, сами по себе практически являются не активными, нерабочими, в механическом отношении; приходится за счет их теплоты производить другое—уже активное, рабочее вещество—водяной пар. Теплота таких продуктов сгорания, как видим, используется не непосредственно, а довольно сложным обходным путем. В самом цилиндре машины работа производится паром, почему такой двигатель (машина) и носит название парового (обычно его называют паровой „машиной“). Процесс выделения тепла, т.-е. горение топлива для цилиндра такого двигателя является процессом посторонним, внешним; поэтому такой двигатель можно было бы назвать „двигателем с внешним сгоранием топлива“.

Значительное упрощение может быть получено при другом способе проведения процесса горения

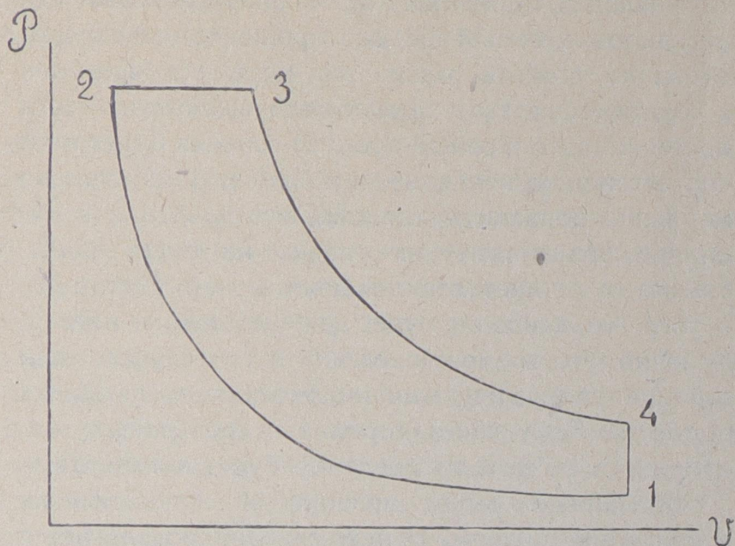
топлива, именно при сжигании его в ограниченном пространстве, т.-е. в таком, которое не соединяется непосредственно с наружным воздухом. В этом случае, продукты сгорания, воспринимая теплоту, выделяемую в процессе горения, и нагреваясь вследствие этого, однако, уже не могут свободно расширяться, а это вызывает повышение их давления. Таким образом, мы можем получить продукты сгорания, которые будут иметь не только высокую температуру (как в первом случае), но и высокое давление—следовательно они будут являться активными в механическом отношении. Если их впустить в цилиндр с поршнем, то они непосредственно создадут движущую силу; сила их давления на поршень будет значительно выше, чем сила противоположного давления наружного воздуха, поршень начнет передвигаться и, следовательно, двигатель придет в действие. Обычно, процесс горения топлива производится в самом цилиндре двигателя, почему такие двигатели и называются „двигателями внутреннего сгорания“ (или „горения“).

По роду используемого топлива или по своему применению двигателя внутреннего сгорания получают различные специальные названия—напр., двигатели газовые, нефтяные, керосиновые и пр., или двигатели автомобильные, авиационные и пр.

Рассматриваемый нами двигатель Дизеля является двигателем внутреннего сгорания; по роду применяемого топлива он относится к разряду двигателей тяжелого жидкого топлива.

Характерным признаком этого разряда двигателей является то обстоятельство, что подлежащее сгоранию топливо вводится в цилиндр путем вспрыскивания его в виде мельчайших капелек через особый клапан, называемый форсункой. Для всех вообще двигателей внутреннего сгорания весьма важным является вопрос об образовании „горючей смеси“, т.-е. о смешивании топлива с необходимым для горения воздухом. Горючая смесь должна быть возможно более равномерной, т.-е. частицы топлива должны быть возможно более равномерно распределены по всей массе воздуха; только при этом условии получается правильный процесс горения. В случае применения „легких“ жидких топлив (бензин, бензол, керосин, спирт), которые испаряются в достаточном количестве при сравнительно невысоких температурах, образование горючей смеси производится путем испарения топлива и перемешивания его с воздухом до входа в рабочий цилиндр; топливо попадает в него не отдельно, а вместе с воздухом. Такой способ называется „карбюрацией“ и производится в особых небольших приборах, называемых „карбюраторами“. Однако, тяжелые жидкие топлива, трудно испаряемые и при высоких температурах (они к тому же и не испаряются целиком) не могут быть использованы по способу карбюрации; они вводятся в цилиндр

Рабочий процесс всякого двигателя очень наглядно изображается в так называемой „индикаторной“ или „рабочей“ диаграмме. Первое название происходит от того, что подобная диаграмма зарисовывается (или „снимается“) при помощи особого прибора — т. н. „индикатора“. Эта диаграмма показывает, как изменяется давление рабочего вещества внутри цилиндра по мере передвижения поршня. Площадь диаграммы дает возможность определить количество работы, производимой рабочим веществом. Теоретическая диаграмма двиг. Дизеля показана на черт. 1; в ней приведены только основ-



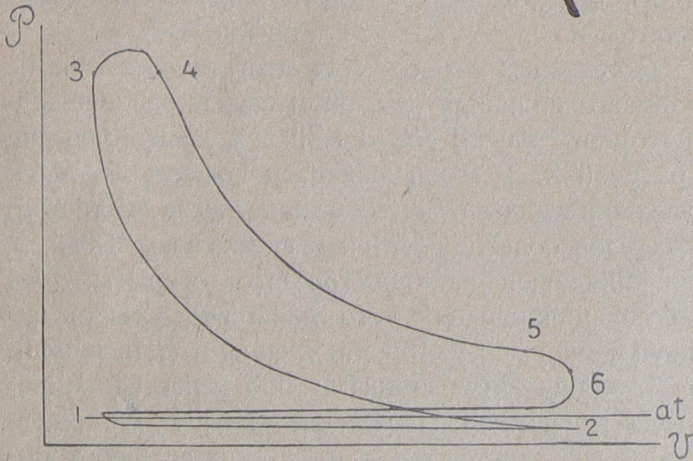
Черт. 1.

ные процессы работы; она является, таким образом, упрощенной по сравнению с действительной индикаторной диаграммой двигателя. Основное упрощение заключается в том, что рабочее вещество считается непрерывно заключенным в рабочем цилиндре; вместо горения топлива принимается просто нагревание рабочего вещества извне, через стенки цилиндра. На черт. 1 линия 1—2 изображает поднятие давления во время сжатия воздуха, по линии 2—3 идет подвод теплоты — нагревание воздуха, заменяющий собой идущий в действительности процесс горения топлива; линия 3—4 соответствует падению давления при расширении, и, наконец, линия 1—4 изображает падение давления при мгновенном охлаждении воздуха. Как видно из сказанного, все необходимые процессы могут быть произведены за 2 хода поршня (один ход — сжатие, другой — подвод тепла и расширение). Точный подсчет показывает, что при отсутствии различного рода потерь — т. е. в идеальных условиях, при работе двигателя по такой диаграмме получается обращение в работу около 45 процентов того количества теплоты, которое выделяется при сгорании топлива. Эта величина представляет собой тот теоретический предел, выше которого экономичность работы по данному рабочему процессу („циклу“) не может быть поднята; в действительности в двигателях вследствие существования не-

избежных потерь, экономичность несколько ниже. Соответствующие данные относительно расхода топлива будут приведены дальше.

Как видно из описания теоретической диаграммы, в ней принимается, что в цилиндре непрерывно заключено одно и то же количество рабочего вещества, оно не выпускается из цилиндра и не вводится туда вновь; в таких условиях, совершенно не возникает вопроса о наполнении цилиндра свежим воздухом и о выпуске отработавших газов. В действительности, конечно, необходимо всякий раз по окончании расширения газов производить их выпуск — очищать цилиндр от них и затем вводить свежую порцию воздуха, так как в действительности мы не имеем подвода теплоты через стенки цилиндра, а необходимое количество теплоты получаем в цилиндре путем сжигания топлива, для чего всякий раз требуется свежий воздух. Оба эти процесса — выпуск использованных, отработавших газов и подвод свежего воздуха, практически являются весьма важными; для их осуществления в настоящее время пользуются двумя способами. В первом из них, для выполнения выпуска и наполнения к необходимым по теоретической диаграмме двум ходам поршня прибавляют еще два хода, из которых один ход служит для выталкивания поршнем из цилиндра остатков отработавших газов, другой — для засасывания внутрь цилиндра новой порции свежего воздуха. Таким образом, в этом способе работы для выполнения всей рабочей диаграммы необходимо 4 хода поршня, такой способ работы обычно называется „четырёхтактным“. Другой способ выполнения действительной рабочей диаграммы дает возможность не вводить добавочных двух ходов, а произвести необходимые вспомогательные процессы выпуска и наполнения в течение двух ходов поршня, необходимых для теоретической диаграммы. Этот способ называется „двухтактным“. В нем для удаления отработавших газов сначала используется самостоятельное вытекание газов при открытии выпускного отверстия продолжающееся до тех пор, пока давление газов внутри цилиндра выше наружного давления (это явление, конечно, имеет место и при 4-х тактном способе работы, но там не играет существенной роли); затем, когда вытекание газов прекращается, и цилиндр остается заполненным отработавшими газами с давлением близким к атмосферному, то для удаления этих остатков внутренность цилиндра продувается свежим воздухом (т. н. „продувка“) с давлением на 0,15 — 0,25 атм. выше давления атмосферного воздуха. Продувочный воздух, входя внутрь цилиндра, вытесняет из него остатки отработавших газов, сам остается на их месте, заполняя цилиндр, подвергается затем сжатию и служит для сжигания в нем топлива. Для выполнения такого двухтактного способа работы, необходимо устройство воздушного „продувочного“

насоса. Очевидно на эти вспомогательные процессы необходимо истратить возможно меньшую часть рабочей диаграммы. С ними необходимо управиться по возможности быстрее в конце хода расширения и начала сжатия. Обыкновенно осуществление их начинается за 20—25% хода поршня до конечной точки (мертвой точки) и заканчивается на таком же промежутке после этой мертвой точки.



Черт. 2. 4-х-тактный двигатель Дизеля.

На черт. 2 и 3 показаны действительные диаграммы 4-х и 2-х-тактных двигателей Дизеля.

В четырехтактном двигателе изменение давлений имеет такую последовательность: по линии 1—2 идет всасывание свежего воздуха внутрь цилиндра, по линии 2—3 сжатие воздуха; 3—4 горение вспыскиваемого топлива; 4—5 расширение рабочих газов; 5—6 вытекание газов (на участке 5—6) и выталкивание их остатка поршнем на участке 6—1. Таким образом, в четырехтактном способе работы четыре хода поршня используются следующим образом:

- I ход всасывание воздуха
- II „ сжатие
- III „ горение и расширение
- IV „ выталкивание газа.

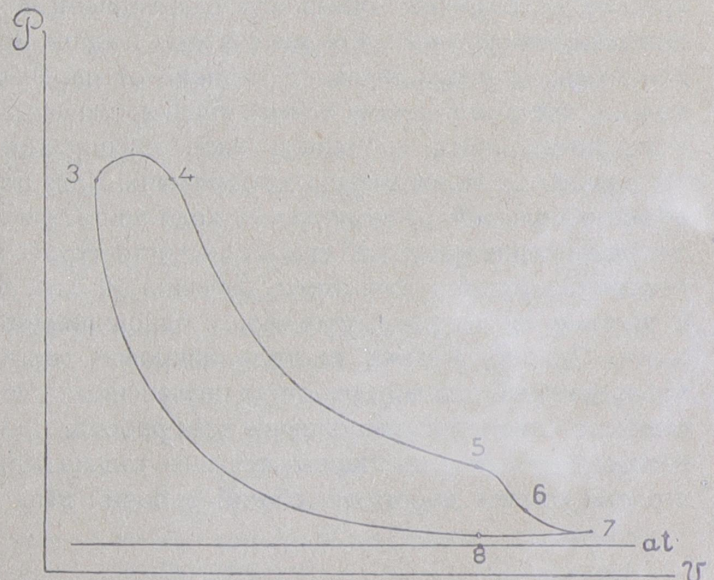
В виду существования сопротивлений при проходе воздуха внутрь цилиндра и выхода из него газов, давление внутри цилиндра, отмечаемое в индикаторной диаграмме, не равно наружному давлению, а несколько отличается от него: во время всасывания оно несколько ниже атмосферного давления (на диаграмме—линия at), а при выпуске несколько выше его. Таким образом, диаграмма 4-х-тактного двигателя состоит из двух петель: верхней, большей и нижней меньшей. Первая определяет положительную (получаемую) работу, вторая—затрачиваемую (отрицательную); полезная работа измеряется разностью площадей обеих петель.

Действительная диаграмма двухтактного двигателя отличается от диаграммы 4-х-тактного только в той ее части, где производится выпуск и про-

дукка (черт. 3). В точке 5 начинается открытие выпускного отверстия, происходит вытекание газов, и давление их внутри цилиндра падает по линии 5—6; когда давление достаточно упало, в точке 6 начинается продувка-вытеснение остатков отработанных газов и наполнение цилиндра свежим воздухом (по линии 6—7—8); в точке 8 начинается сжатие воздуха, по линии 3—4 как и прежде происходит горение и по линии 4—5 расширение.

Мы не можем входить здесь в обсуждение преимущества и недостатков обоих способов работы, и отсылаем интересующихся к указанным выше руководствам по двигателям внутреннего сгорания; отметим только, что в настоящее время наибольшее количество двигателей внутреннего сгорания различных типов, работает по четырехтактному способу; для двигателей быстроходных (напр. автомобильных и авиационных) применяется только четырехтактный способ.

Во избежание недоразумений следует обратить внимание на то, что нами здесь описаны действительные диаграммы обоих способов работы в применении именно к двигателю Дизеля—с постепенным вспыскиванием топлива, и при том при распылении его сжатым воздухом. Для других типов двигателей (применение карбюрации воздуха, а также для бескомпрессорных Дизелей) действи-



Черт. 3. 2-х-тактный двигатель Дизеля.

тельная диаграмма несколько отличается от приведенных здесь в той части, где идет процесс горения.

Для всех двигателей внутреннего сгорания—как 4-х, так и 2-х-тактных рабочим ходом—является ход расширения; здесь, рабочее вещество, получив высокое давление, заставляет двигаться поршень и совершает полезную работу; все остальные процессы являются нерабочими. Однако, ход расширения—ход совершения полезной работы является по порядку третьим (в 4-х тактном способе) или вторым (в 2-х тактном). В силу этого двигатель вну-

тренного сгорания не может самостоятельно начать работать (как это имеет место для паровой машины). Для пуска в ход двигателя необходимо при помощи какой-нибудь посторонней силы произвести предварительно наполнение цилиндра и сжатие — только после этого может наступить горение, а затем и рабочий ход — расширение. В двигателях Дизеля, в виду большого давления сжатия, пуск в ход производится при помощи сжатого воздуха, который готовится тем же компрессором, который подает и воздух для распыления нефти.

Описывая выше способы работы двигателей Дизеля, мы считаем, что вся рабочая диаграмма совершается в одном цилиндре, т.-е. рабочее вещество, хотя и имеет в начале выпуска довольно высокое давление (4—5 атм.), однако выпуск идет прямо в наружное пространство, и дополнительного использования давления отработанных газов нет. В паровых машинах весьма часто пар, отработавший в одном цилиндре, переходит в следующий, а иногда и еще в третий и, таким образом, работа производится последовательно в нескольких цилиндрах, это так называемые машины многократного расширения (см. напр. Разборную модель Паровой Машины двойного расширения). В применении к двигателям внутреннего сгорания многократное расширение оказалось невыгодным; все попытки использовать его до сих пор не дали положительных результатов. В отличие от паровых машин, все работающие в настоящее время двигатели имеют простое, однократное расширение. Из различных практических соображений (для получения большей равномерности хода двигателя и для увеличения мощности его) очень часто строятся многоцилиндровые двигатели (обычно 2, 3, 4, 6, 8 цилиндров) на ряду, конечно, с одноцилиндровыми. Однако, в таких многоцилиндровых двигателях, каждый цилиндр работает независимо от соседних в отношении выполнения всех рабочих процессов; отдельные цилиндры связаны только тем, что они отдают работу на общий рабочий вал.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЧЕТЫРЕХ-ТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИЗЕЛЯ (ПО РАЗБОРНОЙ МОДЕЛИ)

На прилагаемой разборной модели изображен четырехтактный двигатель Дизеля наиболее распространенного типа. Конечно, в выполнении различных заводов встречаются некоторые различия, равным образом, постепенно вводятся некоторые изменения, но в общем, как схематическое изображение, прилагаемая модель дает полное представление об основных составных частях четырехтактного двигателя Дизеля. На модели представлен, для упрощения, одноцилиндровый двигатель; как

указывалось выше, в многоцилиндровых двигателях каждый цилиндр является совершенно подобным всем другим.

Рассматривая конструкцию двигателя по разборной модели будем, как и на модели, римскими цифрами обозначать отдельные части (открывающиеся листки) модели, а обычными цифрами — соответствующие части двигателя. Так, обозначение I, 54 указывает на то, что искомое место находится на листке I и носит цифру 54 *).

В основных своих частях двигатель состоит из рабочего цилиндра (в данном случае расположенного вертикально) см. XI и XII, 2; закрытого сверху крышкой X, 3. В крышке расположены клапана, служащие для впуска воздуха, выпуска отработанных газов, подвода нефти и для пуска в ход XXVII, 3. Нижний конец цилиндра остается открытым (так назыв. цилиндр простого действия). Стенки цилиндра окружены вторыми стенками (т. н. рубашкой); между этими стенками пропускается непрерывно вода, которая переходит и крышку цилиндра, сделанную также с двойными стенками. Необходимость применения охлаждения вызывается весьма высокими температурами, развивающимися внутри цилиндра в конце сгорания (1500—1800° Ц.). Под действием таких высоких температур, стенки цилиндра и крышки могли бы настолько сильно нагреваться, что не могла бы держаться смазка а также прочность самого материала сильно понижалась бы. В цилиндре движется рабочий поршень XIII, XIV, 88, имеющий форму удлиненного стакана. При помощи присоединенного к поршню шатуна XXI, 91 давление газов передается на колено рабочего вала XIX, 94 и заставляет его вращаться. От того же шатуна при помощи передаточных рычагов приводится в действие воздушный компрессор IX, 17, который расположен сбоку на станине двигателя X, 1. Расположение компрессора в особенности при многоцилиндровых двигателях, в настоящее время, часто применяется иное, — а именно компрессор приводится непосредственно от рабочего вала и располагается по оси его; таким образом, компрессор в этом случае стоит в один ряд с рабочими цилиндрами.

Перейдем теперь к более детальному разбору конструкции.

Первый ход поршня посвящается процессу всасывания; поршень находится в верхнем крайнем положении (в верхней мертвой точке) при движении его вниз, начинается всасывание воздуха внутрь цилиндра. Воздух проходит по трубе I, 54, в которой сделан ряд узких продольных щелей для уменьшения шума при всасывании; отсюда через отверстие в крышке цилиндра V и VI, 55 воздух попадает в клапанную коробку, наружный вид которой представлен на листке XXVII, 52 и разрез — XXVIII, 52. При открытии клапана XXIX, 52 воздух поступает внутрь цилиндра вследствие того, что

*) На модели ошибочно напечатано V I.

поршень движется вниз и засасывает этим воздух. Клапана обычно применяются тарельчатого типа; закрывающая проход тарелка ХХХ, 4 клапана соединена заодно целое со стержнем или „шпинделем“ клапана ХХХ, 49, который ходит в направляющей втулке, образованной в клапанной коробке. Клапан передвигается под действием распределительного механизма, который описан дальше; к своему седлу клапан прижимается сильной пружиной ХХХ, 51, под влиянием которой клапан возвращается обратно.

За всасыванием следует сжатие (ход вверх), во время которого все клапана должны быть закрыты. В конце сжатия (обыкновенно за $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ ° по ходу поршня) до верхней мертвой точки начинается впрыскивание нефти через особый нефтяной клапан или форсунку ХХХII, 5. Нефть подводится в форсунку по трубке 10, она нагнетается особым нефтяным насосом; попав в форсунку нефть растекается по целому ряду небольших круглых пластинок с отверстиями и частью стекает к отверстию форсунки, ведущему внутрь цилиндра. Это отверстие закрывается особым клапаном ХХХII, 5, имеющим форму длинного стержня и носящего название „иглы“. Внутренняя полость форсунки заполнена сжатым воздухом, поступающим сюда по трубке ХХХII, 14. Как только игла нефтяного клапана поднимается, воздух из форсунки, имея большее давление (50 — 60 атм.) чем имеется внутри цилиндра (32 — 35 атм.), устремляется в цилиндр со значительной скоростью, вынося в первую очередь каплю нефти, стекшую к выходному отверстию форсунки, а затем и ту нефть, которая растеклась по круглым пластинкам внутри форсунки. В зависимости от числа этих пластинок получается большая или меньшая постепенность подачи нефти, обычно число их 4 — 6. При уменьшении числа пластинок нефть впрыскивается более быстро, и при сгорании получается большее поднятие давления.

Игла нефтяного клапана находится под непрерывным нажатием пружины ХХХII, 56. Разрез коробки нефтяного клапана (форсунки) см. листик ХХХIII; здесь игла и пружина сняты.

После впрыскивания нефти и ее сгорания происходит расширение (ход вниз), по окончании которого, приблизительно за 10 — 12% по ходу поршня до прихода его в нижнюю мертвую точку, открывается выпускной клапан ХХХVII, 6. В данном случае выпускной клапан совершенно подобен всасывающему ХХХ, но в двигателях большой мощности выпускной клапан делается полым внутри и по нем пропускается вода для охлаждения тарелки и стержня клапана во избежание чрезмерного нагревания их. Клапанная коробка выпускного клапана ХХХVII и ХХХVIII, 61 и 62 устроена так же, как и для всасывающего (впускного) клапана; тарелка клапана ХХХIX, 6 соединена в одно целое

со стержнем (шпинделем) клапана ХХХIX, 62, клапан прижимается пружиной ХХХIX, 63.

Кроме этих трех клапанов, находящихся непрерывно в действии при работе двигателя, в крышке установлен еще клапан для пуска в ход. Через него входит внутрь цилиндра сжатый воздух во время пуска двигателя в ход; этот клапан, т. н. „пусковой“, расположен в особой клапанной коробке ХХХ, имеет также тарельчатую форму ХХХI, 72. Пусковой клапан должен действовать только во время пуска в ход — в это время двигатель не работает своим нормальным процессом и поэтому в цилиндр нет надобности вводить нефть. Наоборот, когда двигатель получил достаточную скорость вращения, доступ пускового воздуха должен быть прекращен и двигатель должен быть переведен на нормальную работу, т. е. должен начать действовать нефтяной клапан, а пусковой, очевидно, должен быть выведен из действия. Таким образом, клапана пусковой и нефтяной находятся в действии в различное время — они взаимно исключают друг друга. Поэтому оси вращения рычагов, приводящих в действие, установлены на эксцентричные втулки, и поворотом пусковой рукоятки ХХХI, 133 вверх вводится в действие пусковой клапан, и выключается нефтяной и обратно — при повороте рукоятки вниз — нефтяной клапан начинает действовать, а пусковой выводится из действия.

Все перечисленные клапана приводятся в действие принудительно, от так называемого распределительного механизма.

Непосредственно движение клапана передается рычагом для всасывающего клапана — ХХХ, 47; нефтяного — ХХХII, 70, выпускного — ХХХIX, 60 и пускового ХХХI, 58. Эти рычаги имеют ось вращения, расположенную на крышке Х, 44. Другими концами рычаги, снабженные роликами, приходят в соприкосновение с т. наз. распределительными или кулачными шайбами; все эти шайбы расположены на распределительном валике Х, 43, установленном в подшипниках особых кронштейнов Х, 80. Для отдельных клапанов распределительные шайбы: для всасывающего (впускного) клапана ХХХ, 45, нефтяного — ХХХII, 132, выпускного ХХХIX, 59; пускового — ХХХI, 131. Эти шайбы представляют собой „некруглые“ диски — они имеют удлинение в одну сторону. При вращении распределительного валика, эти шайбы подходят своими удлиненными концами к роликам клапанных рычагов и передвигают их, вместе с чем происходит открытие, а затем, последовательно, закрытие клапанов. На продолжении распределительного валика часто устанавливается нефтяной насос, служащий для подачи нефти в форсунку. Распределительный валик имеет на конце зубчатое колесо IX, 78, которое сцепляется с другим IX, 77, насаженным на вертикальном передаточном валу IX, 74.

Этот последний на нижнем конце снабжен снова зубчатым колесом IX, 76, сцепляющимся с другим IX, 75, сидящим на рабочем валу. При помощи указанной системы передач вращение распределительного валика производится от рабочего вала, а следовательно движение распределительного валика и поэтому и всего распределительного механизма строго согласовано с движением рабочего вала и поршня в рабочем цилиндре. Необходимо иметь в виду, что в четырехтактном двигателе распределительный валик вращается вдвое медленнее рабочего вала; очевидно полная смена всех моментов распределения совершается за один полный оборот распределительного валика—за это время рабочий вал и поршень также должны совершить все необходимые процессы, которые, как говорилось раньше, в четырехтактном двигателе происходят за четыре хода поршня, или за 2 оборота рабочего вала. В передаточном механизме двигателя Дизеля обычно пара зубчатых колес, сидящих на рабочем валу (IX, 75 и 76) имеет передачу 1:1, т.е. здесь нет изменения числа оборотов; верхняя же пара колес (IX, 77 и 78) имеет передачу 2:1—здесь происходит уменьшение числа оборотов в два раза. Вертикальный передаточный вал делает, таким образом, то же число оборотов, как и рабочий вал. На этом вертикальном валу (IX, 74) обыкновенно устанавливается регулятор (IX, 73), который, действуя на нефтяной насос, изменяет подачу нефти в зависимости от нагрузки двигателя, т.е. от мощности его, которая требуется в данный момент.

Рассмотрим теперь рабочий механизм двигателя. Рабочий цилиндр выполнен в виде цилиндрической втулки (XI, 2— наружный вид и XII, 2— она же в разрезе), вставленный в станину X, I. Между стенками рабочего цилиндра и станины получается пространство, в котором циркулирует вода. В крышке цилиндра X, 3 и XXVII, 3 установлены все 4 клапана, о которых упоминалось выше. Крышка цилиндра сделана также с двойными стенками, между которыми протекает вода, переходящая сюда из рубашки рабочего цилиндра. Таким образом, в данной конструкции подвергается охлаждению только рабочий цилиндр и его крышка. В двигателях более крупной мощности, охлаждается водой также поршень и выпускной клапан.

Станина X, I устанавливается на фундаментной раме IX, 111. Фундаментная рама создает также поддержку для рабочего вала при помощи т. наз. „коренных“ подшипников. Рабочий вал IX, 95 выполняется обыкновенно в виде коленчатого вала,— он имеет столько колен XIX и XX, 94, сколько цилиндров в двигателе. Шейка колена вала XXI, 93 находится в соединении с головкой шатуна—т. наз. нижней XXI, 92. Шатун XXI, 91 служит для передачи давления от поршня к колену вала. Верхняя головка шатуна XXI, 90 находится в соединении

с поршнем рабочего цилиндра XIII и XIV, 88 при помощи поршневого пальца XXI, 89. На правом конце рабочего вала установлен маховик XXXXIII, 115, служащий для получения необходимой равномерности вращения рабочего вала, а также шкив XXXXIII, 120, служащих для передачи ремнем работы двигателя к тем устройствам, которые ее потребляют. Конец рабочего вала за маховиком покоится на специальном наружном подшипнике XXXXIII, 113.

Просмотрим теперь воздушный компрессор, подающий сжатый воздух для распыления нефти и для пуска в ход двигателя. Компрессор IX, 17 состоит из двух цилиндров различного диаметра—в нем сжатие происходит последовательно в двух цилиндрах. В цилиндре низкого давления X, 15 обычно идет поднятие давления до 7—8 атм.; затем воздух проходит через специальный охладитель и вступает в цилиндр высокого давления (X, 16), где и сжимается до конечного давления 50—60 атм. Клапана компрессора расположены для высокого давления в крышке X, 121, а для низкого сбоку от цилиндра низкого давления. Оба цилиндра компрессора расположены один над другим, что дает возможность поршень компрессора XV, 18 и 19 и XVI выполнять в виде одной части, имеющей на верхней части значительно меньший диаметр чем в нижней. Компрессор в данной конструкции приводится в движение при помощи рычажной передачи от шатуна. Привод к компрессору состоит из качающейся серьги XVII, 97, балансира XVII, 98 и шатуна компрессора XVII, 102. Стенки цилиндров компрессора сделаны двойными и между ними протекает охлаждающая вода.

На общем листе I показана установка двигателя Дизеля.

Сжатый воздух производимый компрессором подается в „пусковые“ резервуары (или баллоны) 32 и 33, их вентили 38 и 39. В них имеется всегда запас сжатого воздуха, достаточный для пуска двигателя несколько раз. Каждый раз, сейчас же после пуска двигателя и, следовательно, некоторого израсходования запаса воздуха в пусковых резервуарах, производится дополнительное их накачивание из компрессора. По окончании этого накачивания, компрессор продолжает работать уже с уменьшенной производительностью, подавая только количество воздуха, необходимое для распыления нефти. Этот воздух идет из компрессора в „форсуночный“ резервуар 27, имеющий вентиль 29. На резервуарах установлены манометры 36, служащие для измерения давления воздуха. Из резервуаров воздух проходит к местам его потребления: форсуночный—по трубке 14, пусковой—40. Нефть подводится из бака по трубке 8 в фильтр 9 (двойной), и затем далее к нефтяному насосу по трубке 10. Охлаждающая вода отводится из двигателя по трубке 86; для того, чтобы

было видно, что вода действительно протекает через рубашку двигателя, отводная труба в одном месте разрезана и устроена воронка 87. Вода переходит из рубашки цилиндра в головку по трубке 85.

ЭКОНОМИЧНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

Двигатели Дизеля являются наиболее экономичными из всех существующих в настоящее время тепловых двигателей в отношении расхода топлива. Величина этого расхода зависит от степени загрузки двигателя — при полной нагрузке расход нефти несколько меньше, чем при нагрузках уменьшенных. Всякий двигатель внутреннего сгорания, в том числе и двигатель Дизеля обладает сравнительно слабой возможностью перегрузки, т.е. увеличения мощности против нормальной — обычно не более 20%. Расход топлива в пределах от нормальной до максимальной (перегрузочной) мощности остается приблизительно по-

стоянным. Данные расхода нефти представляют собой величины, обычно гарантируемые заводами для сдаточных испытаний, однако, с правом отклонения на 10%, конечно, в сторону увеличения. В условиях действительной эксплуатации расход топлива несколько больше, но при правильном уходе за двигателем, расход топлива обычно превышает величины, полученные при сдаточных испытаниях, не более как на 10—5%, конечно, относя расход топлива к той степени загрузки двигателя, которая имеет место в эксплуатации.

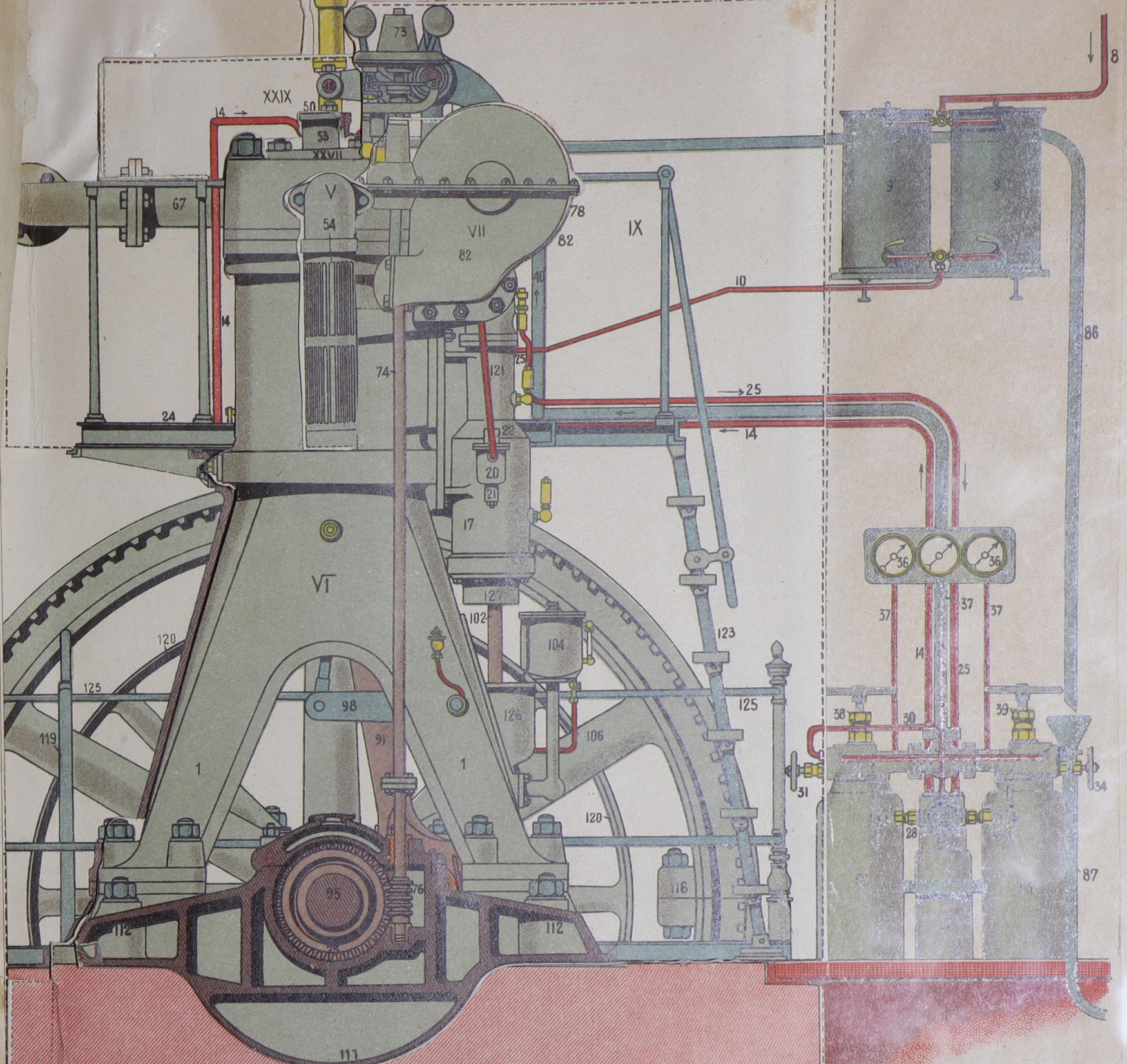
Для двигателей быстроходных, применяемых обычно в судовых установках, расход топлива и смазки в среднем на 5—10% выше. Двигатели двухтактные также расходуют топливо и смазки больше, чем четырехтактные приблизительно на 10%. Двигатели Дизеля бескомпрессорные дают значительное уменьшение расхода топлива и смазки; рекордной цифрой является расход топлива, полученный при испытании 40 сильного двигателя фирмы Отто-Дейц и равный всего 0,168 кг. на 1 лш. силу час.

Объяснение знаков модели двигателя Дизеля

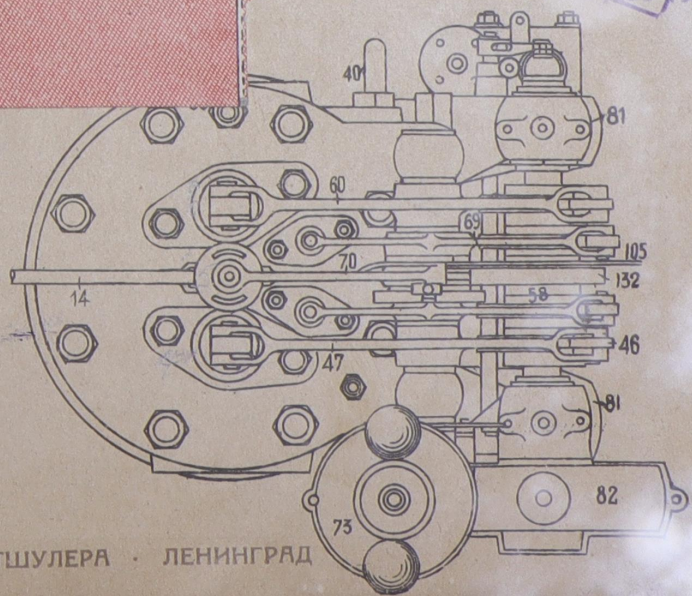
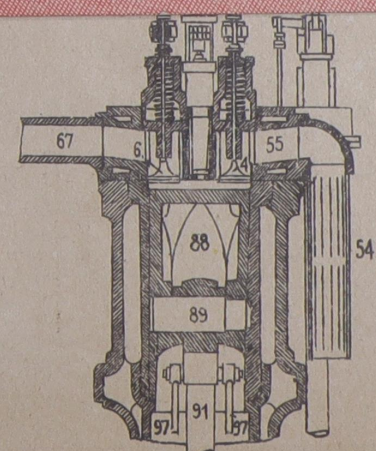
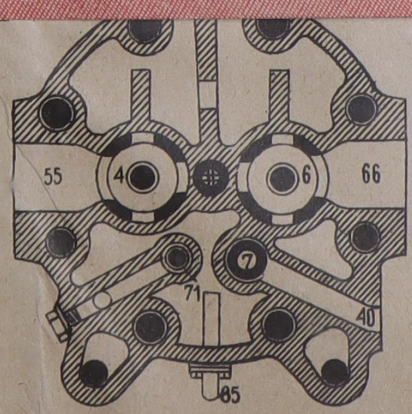
1. Станина двигателя.
2. Рабочий цилиндр (вставная втулка).
3. Головка (крышка) рабочего цилиндра.
4. Впускной (всасывающий) клапан.
5. Нефтяной клапан (игла).
6. Выпускной (выхлопной) клапан.
7. Пусковой клапан (для пуска в ход).
8. Трубка для подвода нефти к фильтрам.
9. Фильтры для горючего (нефти).
10. Трубка, подводящая нефть к форсунке.
11. Нефтяной насос.
12. Направляющая для поршенька нефтяного насоса.
13. Нефтяной клапан (форсунка).
14. Трубка, подводящая сжатый воздух к форсунке.
15. Ступень низкого давления компрессора.
16. Ступень высокого давления компрессора.
17. Рубашка цилиндра компрессора.
18. Нижняя часть (ступень низкого давления) ступенчатого поршня компрессора.
19. Верхняя часть (ступень высокого давления) поршня компрессора.
20. } Нагнетательный клапан ступени низкого да-
21. } вления компрессора.
22. }
23. Клапана ступени высокого давления компрессора.
24. Площадка для обслуживания распределительного механизма.
25. Трубка, подводящая сжатый воздух из компрессора в форсуночный баллон (№ 27).
26. Вентиль (клапан) форсуночного баллона.
27. Форсуночный баллон.
28. } Вентили (клапана) форсуночного баллона.
29. }
30. Перепускная трубка для сжатого воздуха.
31. Вентиль (клапан) пускового баллона.
32. } Пусковые баллоны.
33. }
34. Вентиль пускового баллона.
35. Перепускная трубка для сжатого воздуха.
36. Манометры (для измерения давления).
37. Трубка к манометру.
38. } Вентили (клапана) для пусковых баллонов.
39. }
40. Трубка для подвода охлаждающей воды.
41. Тело пускового клапана.
42. Клапанная коробка пускового клапана.
43. Распределительный валик.
44. Ось вращения рычагов, открывающих клапана.
45. Кулачная шайба (распределительный механизм).
46. Ось ролика рычага.
47. Клапанный рычаг (для открытия клапана) — впускного клапана.

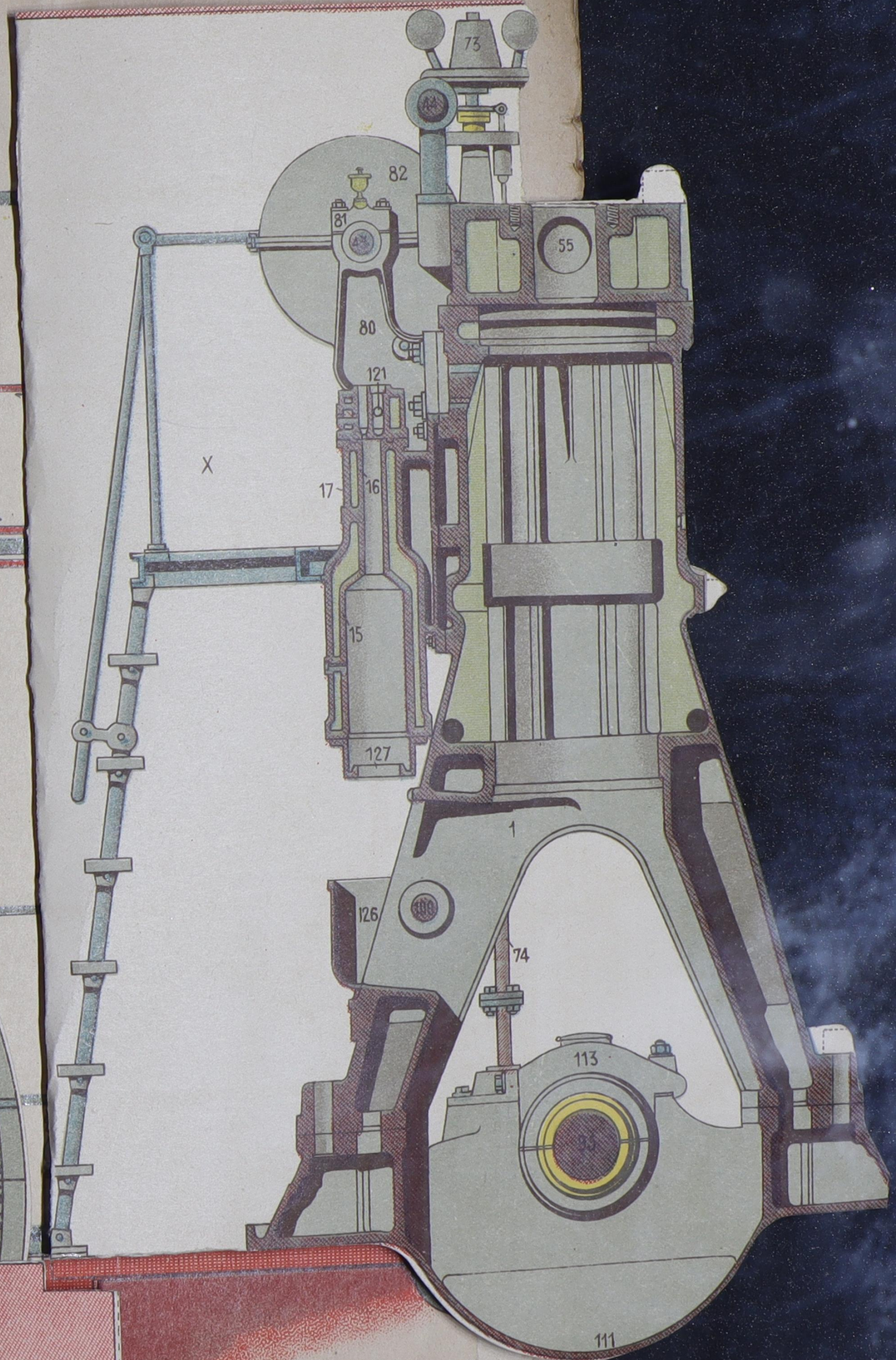
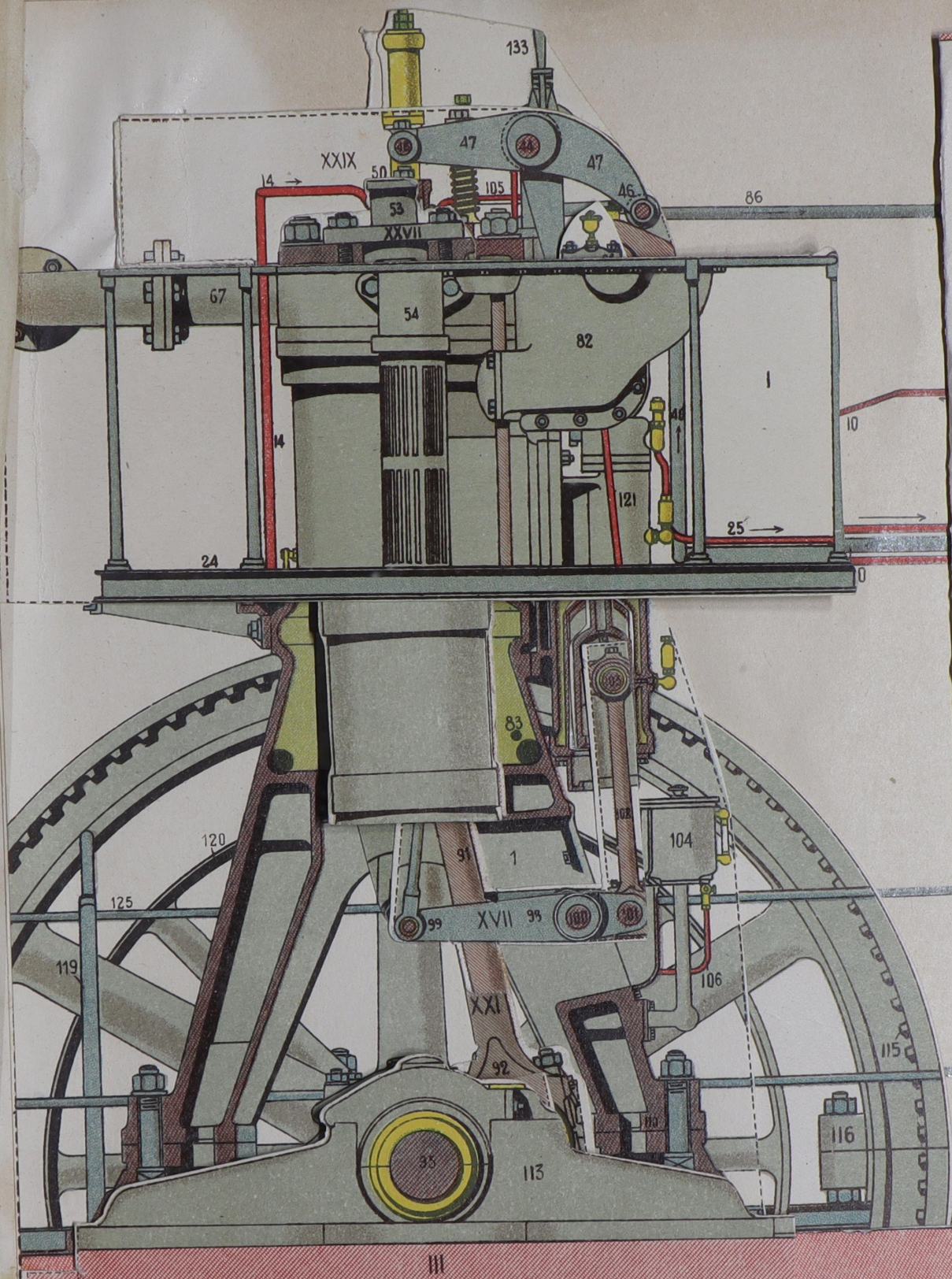
48. Ось ролика впускного клапана.
49. Стержень (шпindel) клапана.
50. Тарелка клапанной пружины.
51. Клапанная пружина.
52. Клапанная коробка.
53. Нажимный фланец клапанной коробки.
54. Патрубок впускного клапана.
55. Отверстие для входа воздуха в цилиндр.
56. Пружина нефтяного клапана.
57. Верхняя направляющая нефтяного клапана.
58. Рычаг пускового клапана.
59. Кулачковая шайба выпускного клапана.
60. Рычаг выпускного клапана.
61. Нажимный фланец клапанной коробки выпускного клапана.
62. Клапанная коробка выпускного клапана.
63. Клапанная пружина выпускного клапана.
64. Тарелка клапанной пружины выпускного клапана.
65. Ось ролика выпускного клапана.
66. Отверстие для выпуска отработанных газов.
67. Выпускная труба.
68. Кулачковая шайба пускового клапана.
69. Рычаг пускового клапана.
70. Рычаг нефтяного клапана (форсунный).
71. Клапанная коробка пускового клапана.
72. Пусковой клапан.
73. Регулятор.
74. Вертикальный передаточный вал к распределительному механизму.
75. Передача зубчатыми колесами от рабочего вала к передаточному валу (№ 74).
76. Малая шестерня верхней передачи к распределительному механизму.
77. Большая шестерня той же передачи.
78. Клапанная коробка пускового клапана.
79. Кронштейн распределительного валика.
80. Крышка подшипника в кронштейне (№ 80).
81. Кожух верхней передачи распределительного механизма.
82. Труба для подвода охлаждающей воды.
83. Крош на трубе № 83.
84. Трубка для перехода охлаждающей воды из полости рубашек в головку рабочего цилиндра.
85. Труба для отвода охлаждающей воды с воронкой для наблюдения за течением воды.
86. Поршень рабочего цилиндра.
87. Поршневый палец.
88. Верхняя головка шатуна.
89. Тело шатуна рабочего поршня.
90. Нижняя часть шатуна рабочего поршня (с разъемной головкой).
91. Шейка колена рабочего вала.
92. Щека рабочего (коленчатого) вала.
93. Рабочий (коленчатый) вал.
94. Ось качания серьги № 97.
95. Серьга привода к компрессору.
96. Коромысло (балансир) для привода компрессора.
97. Шарнир к № 97.
98. Ось качания (цапфа) коромысла № 98.
99. Ось качания (цапфа) шатуна компрессора.
100. Шатун для поршня компрессора.
101. Поршневой палец поршня компрессора.
102. Резервуар для смазки.
103. Трубка для подвода горючего (нефти) к форсунке.
104. Трубка для подвода смазки.
105. Масляной насос.
106. Трубка, подводящая смазку в цилиндр.
107. Привод к масляному насосу.
108. Болты, крепящие станину к фундаментной раме.
109. Фундаментная рама.
110. Фундаментные болты.
111. Наружный подшипник.
112. Спица маховика.
113. Зубцы на маховике для проворачивания его в пусковые положения.
114. Болты, соединяющие половины маховика.
115. Рычажный механизм для проворачивания маховика в пусковое положение.
116. Палец для проворачивания маховика.
117. Рычаг к механизму № 117.
118. Шкив для ременной передачи.
119. Трубка для перехода воздуха из цилиндра низкого давления компрессора в его цилиндр высокого давления.
120. Привод к перепускному клапану нефтяного насоса.
121. Лестница на верхнюю площадку.
122. Площадка.
123. Перила ограждения.
124. Ограждение головки шатуна компрессора.
125. Нижняя часть цилиндра компрессора.
126. Привод к нефтяному насосу.
127. Спица маховика.
128. Передача от регулятора к перепускному клапану нефтяного насоса.
129. Кулачковая шайба пускового клапана.
130. Кулачковая шайба нефтяного клапана.
131. Пусковая рукоятка.

Примечание. Для скорейшего нахождения в моделях, указанных в описании номеров, отдельные части модели обозначены римскими цифрами.



УЧЕБНЫЙ ОТДЕЛ
 ПОГАШЕНА БИБЛИОТЕКА
 ИМ. Я. Э. АЛТШУЛЕР

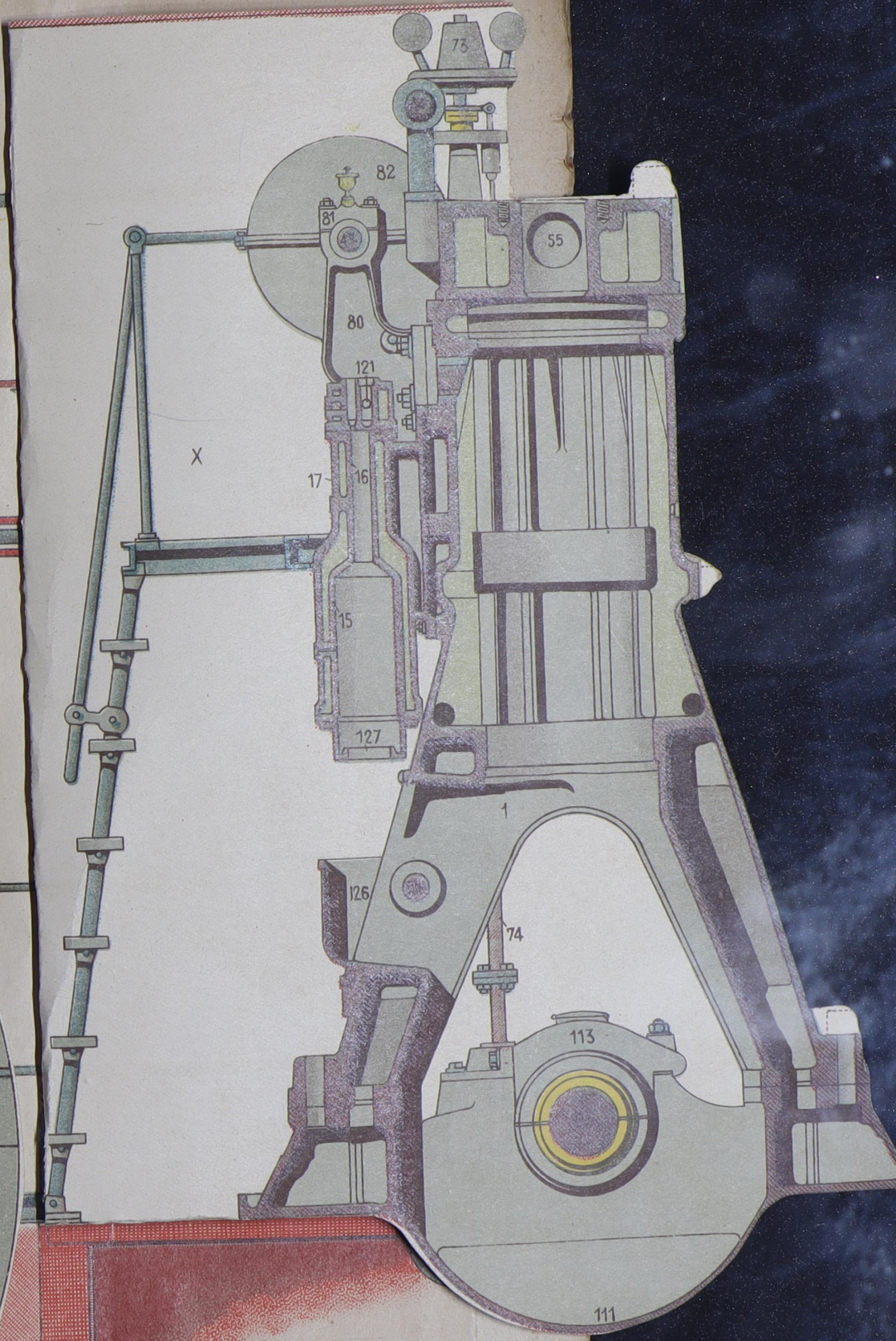
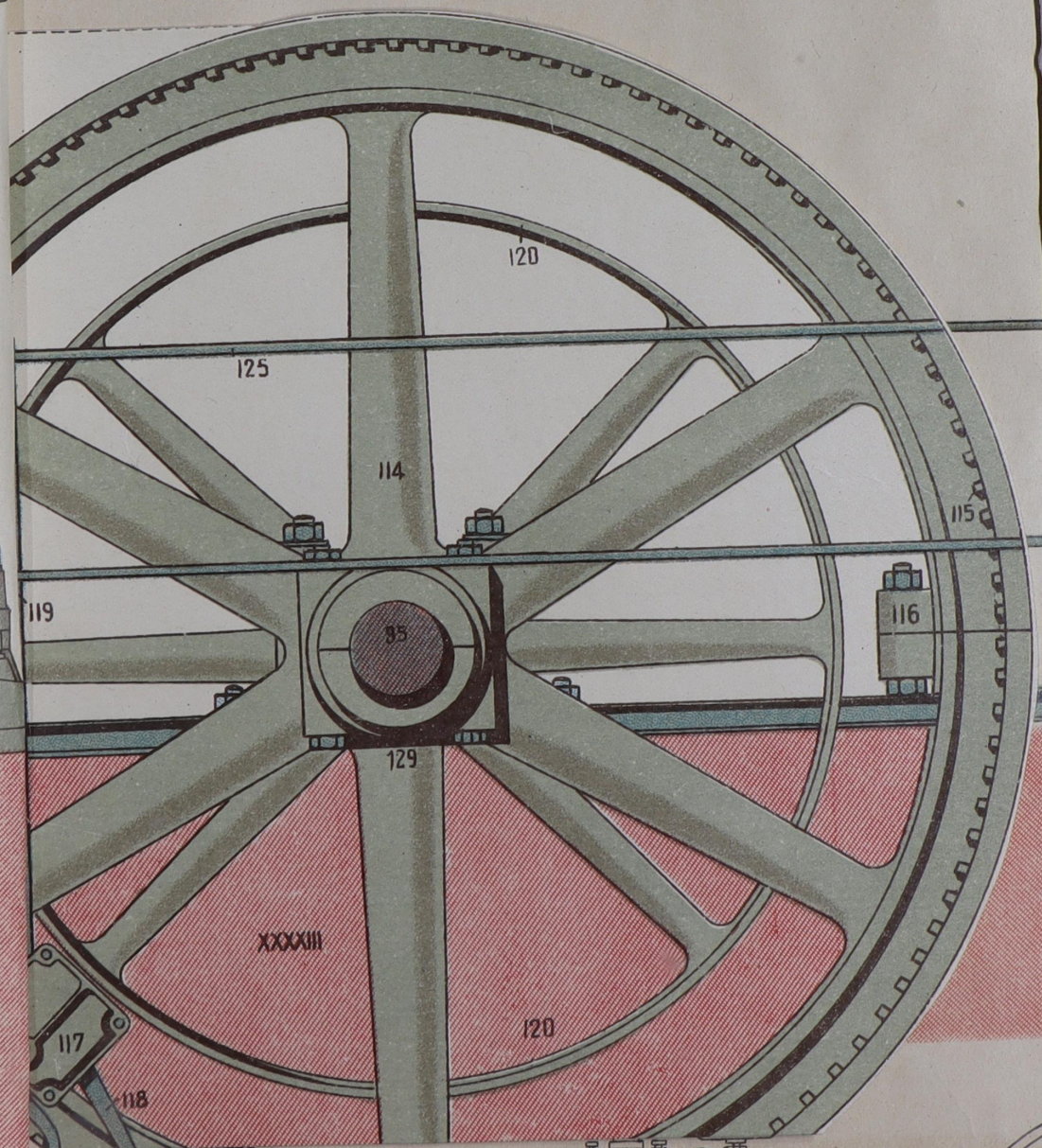
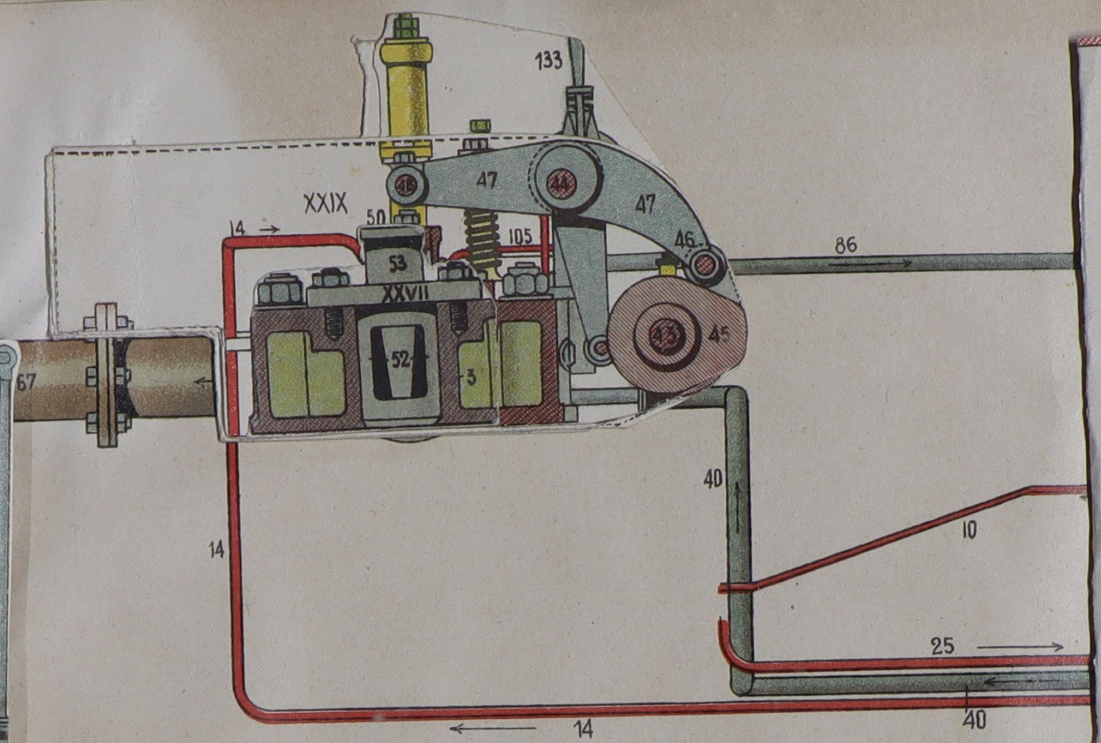
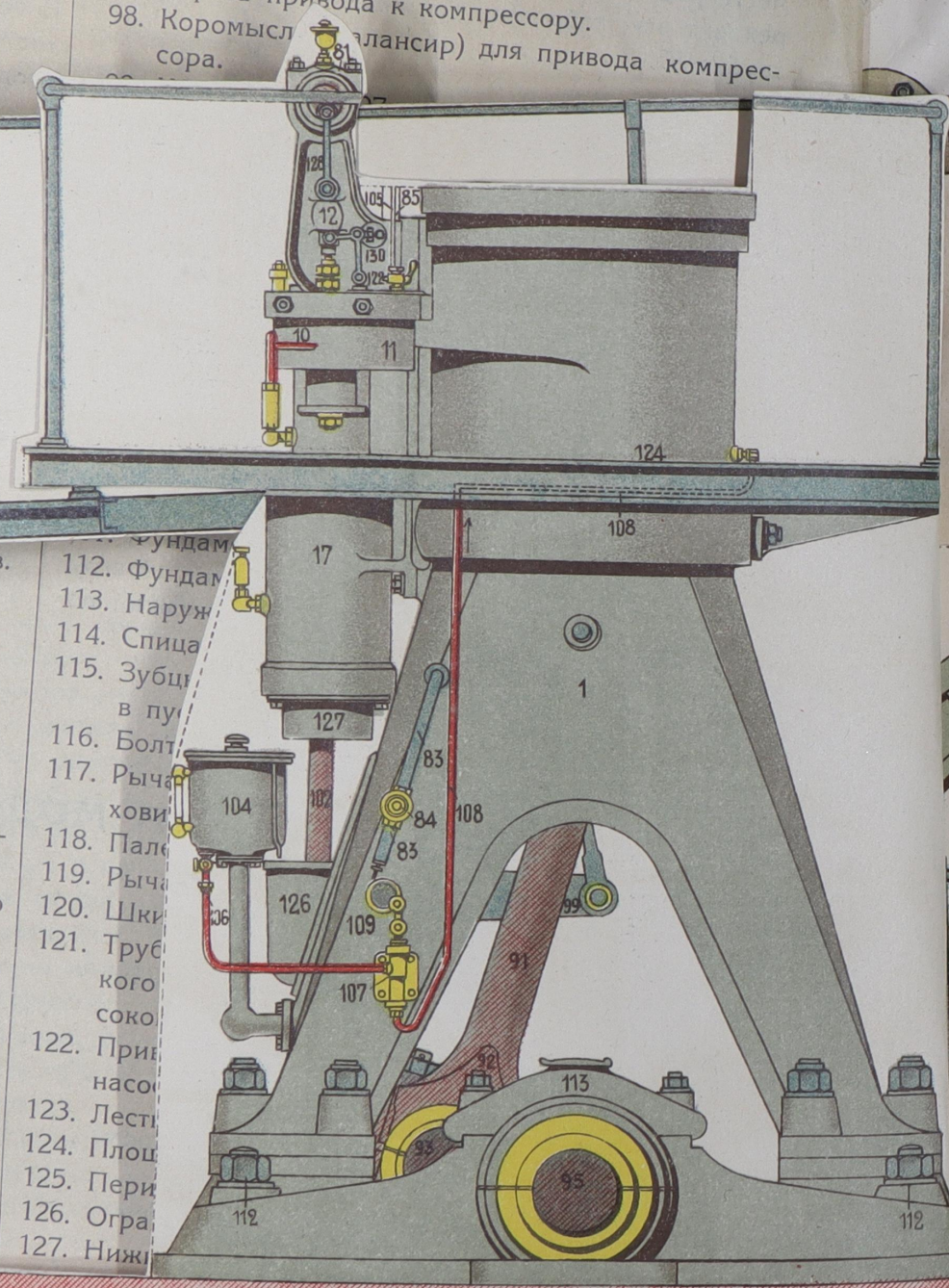




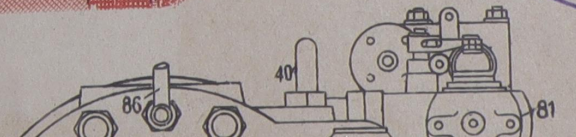
- 94. Щека рабочего (коленчатого) вала.
- 95. Рабочий (коленчатый) вал.
- 96. Ось качания серьги № 97.
- 97. Серьга привода к компрессору.
- 98. Коромысло (балансир) для привода компрессора.

оробки.
цилиндр

ных газов.
Фундам
112. Фундам
113. Наруж
114. Спица
115. Зубц
в пу
116. Болт
117. Рыча
хови
118. Пале
119. Рыча
рабочего
120. Шки
121. Труба
кого
соко
122. При
насос
123. Лест
(№ 80).
124. Площ
125. Пери
126. Огра
127. Ниж



УЧЕБНЫЙ ОТД.
ОСНОВНАЯ БИБЛИОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО ВОЗДУШНОГО
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА
ИМ. Я. Э. КУДЗЕВА



отдельно от воздуха—они впрыскиваются в воздух, уже находящийся в цилиндре. Такое раздельное введение в цилиндр топлива и воздуха дает возможность осуществить значительно более высокую экономичность работы, чем при введении в цилиндр уже приготовленной заранее горючей смеси. Дело в том, что экономичность всякого двигателя внутреннего сгорания зависит в первую очередь от так называемого „сжатия“, т.-е. от того, насколько сильно сжата горючая смесь (или воздух) перед началом его сгорания. Величиной, характеризующей величину сжатия, обыкновенно принимают т. назыв. „степень сжатия“, которая представляет собой отношение начального объема горючей смеси (или воздуха) перед сжатием ее к тому объему, который получается в конце сжатия, перед зажиганием. Степень сжатия показывает во сколько раз уменьшается объем во время процесса сжатия. Чем выше степень сжатия, тем больше экономичность двигателя; необходимо поэтому всеми средствами стремиться к увеличению степени сжатия. Однако, большинство применяемых топлив позволяет применять только сравнительно низкие степени сжатия; напр., бензин допускает степень сжатия предельно около 4,5—5,0. В случае применения больших степеней сжатия получается так называемое „самовоспламенение топлива“, происходящее вследствие того, что при сжатии горючей смеси по мере поднятия давления, поднимается также и температура ее и, наконец, может быть достигнута температура, при которой топливо загорается в воздухе.

На первый взгляд может показаться, что возможность достижения самовоспламенения смеси является только благоприятной для нас—ведь после сжатия смеси ее как раз и нужно зажечь. В действительности это совершенно не так. Дело в том, что смесь, доведенная до температуры самовоспламенения, затем сгорает весьма быстро и бурно—она в полном смысле уже не горит, а взрывает. При этом получается настолько быстрое повышение давления, что оно равносильно весьма сильному удару, от которого страдают ответственные части двигателя—чаще всего проламывается дно поршня. Современные конструкции двигателей внутреннего сгорания не смогут справиться с таким почти мгновенным нарастанием давления. Необходимо, чтобы процесс поднятия давления при сгорании шел сравнительно медленно, а это достигается тем, что смесь в конце сжатия не доводится до температуры воспламенения на значительную величину. Для поднятия сжатия выше предела самовоспламенения и при том при условии устранения вредных его воздействий на двигатель, простейшим способом является раздельное введение топлива и воздуха в цилиндр двигателя; при этом воздух может беспрепятственно сжиматься во сколько угодно раз; таким образом могут быть

осуществлены высокие степени сжатия. Нормально для двигателей Дизеля степень сжатия принимается около 14. При такой сильной степени сжатия, температура сжатого в цилиндре воздуха значительно превосходит температуру воспламенения нефти и мазута;—поэтому, если в такой сильно нагретый воздух впрыскивать эти топлива, то они будут загораться в нем. Таким образом, отпадает надобность в искусственном запале, что значительно упрощает конструкцию двигателя, а главное, уход за ним. Однако, при этом вполне устраняется возможность слишком быстрого поднятия давления, так как мы имеем полную возможность регулировать самый процесс горения; топливо будет, очевидно, сгорать только по мере его введения в воздух, если этот процесс впрыскивания вести постепенно, то и самый процесс горения будет идти соответственно медленно, и можно даже настолько медленно подводить топливо, что давление в цилиндре практически не только не будет повышаться, а останется постоянным, можно достигнуть и того, что давление будет даже несколько падать. Конечно, это возможно только в том случае, если горение топлива идет в цилиндре передвигающимся поршнем. Если вести горение в резервуаре неизменного объема, то давление будет повышаться.

Описанные выше явления и использованы в двигателе Дизеля. В нем сжатию подвергается только воздух, без примеси топлива; сжатие нормально ведется до 32—35 атмосфер, при чем в конце сжатия получается температура около 500—550° Цельсия. Затем в столь сильно нагретый воздух впрыскивается в виде мельчайших капелек топливо, которое, по мере вступления в цилиндр, загорается.—Впрыскивание топлива регулируется таким образом, чтобы повышения во время горения давления почти не было. Такое постепенное впрыскивание топлива осуществимо при помощи сжатого воздуха (обычно до давления 50—60 атмосфер), для подачи которого необходима соответствующая машина—так назыв. „компрессор“ (он будет описан ниже).—В виду того, что компрессор представляет значительное усложнение двигателя Дизеля, в последнее время разработаны двигатели, в которых впрыскивание совершается без помощи сжатого воздуха, непосредственным нагнетанием топлива через форсунку при помощи насоса; этот тип получил название „бескомпрессорный Дизель“. В нем обыкновенно не удается устранить повышение давления при сгорании; обычно в этом двигателе давление в конце сжатия берется около 25—28 атм., а в конце сгорания получается 35—40 атм. Однако, бескомпрессорные двигатели Дизеля являются типом сравнительно новым, во многом еще недостаточно разработанным. Поэтому в настоящее время большинство двигателей—в особенности все крупные двигатели—строятся с воздушным впрыскиванием топлива, т.-е. с компрессорами.