

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Охрана труда»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Одобрено методической комиссией факультета
«Управление процессами перевозок»
в качестве учебно-методического пособия
по выполнению лабораторной работы по курсу «Охрана труда»
для студентов всех специальностей*

Гомель 2015

УДК 658.345 (075.8)
ББК 65.247
И85

А в т о р ы: С. Н. Шатило, С. В. Дорошко, В. В. Карпенко, Т. В. Ивлева

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Энергоэффективные технологии на транспорте» канд. техн. наук, профессор **В. М. Овчинников**
(УО «БелГУТ»)

Исследование эффективности работы вентиляционных систем : учеб.-метод. пособие / С. Н. Шатило [и др.] ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 46 с.
ISBN 978-985-554-462-4

Приведены краткие сведения из теории, описание приборов для исследования эффективности работы вентиляционных систем и порядок выполнения замеров, методика санитарно-гигиенического контроля и оценки вентиляционных систем производственных помещений.

Предназначено для выполнения лабораторной работы по курсу «Охрана труда» и самостоятельного изучения дисциплины студентами всех специальностей и форм обучения.

УДК 658.345 (075.8)
ББК 65.247

ISBN 978-985-554-462-4

© Оформление. УО «БелГУТ», 2015

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

В воздушную среду производственных помещений поступают избыточное тепло, влага, газы, пары, пыль, которые носят общее название – вредные выделения. Довольно часто различные виды вредных выделений поступают в воздух одновременно. Так, в кузнечных, термических и литейных цехах одновременно выделяются газы, пыль и тепло. Поступление в воздух производственных помещений вредных выделений изменяют температуру и влажность, а также значительно загрязняют его. В результате воздействия вредных производственных выделений ухудшается здоровье работающих, возникают различные профессиональные заболевания, снижается производительность труда.

Для обеспечения нормальных метеорологических условий воздушной среды (температуры, влажности, скорости движения воздуха), установленных санитарными нормами и удаления поступающих в помещение вредных выделений применяют различные системы промышленной вентиляции.

Цель пособия – ознакомить студентов с классификацией и характеристиками систем вентиляции, порядком выполнения испытаний, методикой санитарно-гигиенического контроля и оценки вентиляционных систем производственных помещений.

В данном учебно-методическом пособии применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Аспирация – перемещение или удаление мелких, твердых или волокнистых частиц, способных переходить во взвешенное состояние под действием потока воздуха, от мест их образования к устройствам очистки воздуха от примесей.

Вентиляция – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

Вентиляционный выброс – упорядоченный поток воздуха, удаляемого системой вентиляции с естественным или искусственным побуждением из помещений в атмосферу.

Вентиляционная система (вентсистема) – вентилятор или вентиляционный агрегат с сетью воздуховодов, оборудованных воздухоподающими

или воздухоприемными устройствами, который может быть снабжен также устройствами для регулирования, контроля, тепловлажностной обработки и очистки воздуха.

Верхняя зона помещения – зона помещения, расположенная выше обслуживаемой или рабочей зоны.

Воздухообмен – удаление и подача воздуха, организуемые действием естественной и механической вентиляции в производственном помещении.

Воздухораспределитель (воздухораздающее устройство, приточный насадок, приточный патрубок) – устройство, предназначенное для формирования приточной вентиляционной струи с целью обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне.

Воздушный душ – струя приточного воздуха, направленная на рабочего с целью предупреждения его перегрева.

Воздушный затвор – вертикальный участок воздуховода, изменяющий направление движения дыма (продуктов горения) на 180° и препятствующий при пожаре прониканию дыма из нижерасположенных этажей в вышерасположенные.

Вытяжная шахта – вертикальный открытый канал, выступающий над кровлей, предназначенный для удаления воздуха из помещения либо под действием разности температур наружного и внутреннего воздуха, либо под влиянием ветра, либо совместным их действием.

Дисбаланс – неравенство расходов воздуха, подаваемого в помещение и удаляемого из него системами вентиляции.

Зона дыхания – пространство в радиусе до 0,5 м от лица работающего.

Кратность воздухообмена – отношение часового объема удаляемого или подаваемого воздуха к строительному объему помещения.

Местный отсос – устройство для улавливания вредных технологических выделений (агрессивные, токсические, взрывопожароопасные газы, пыли, аэрозоли и пары, а также теплота, микроорганизмы и т. п.) у мест их образования, присоединяемое к воздуховодам систем местных отсосов.

Микроклимат – условия в помещении, характеризующиеся сочетанием следующих параметров производственной среды, действующих на организм человека: температура воздуха, относительная влажность или влагосодержание воздуха, подвижность воздуха, температура поверхностей ограждений и технологического оборудования.

Подпор (разрежение) – избыточное (недостаточное) по сравнению с соседними помещениями или атмосферой давление воздуха в производственном помещении, создаваемое средствами вентиляции путем превышения объема притока над вытяжкой (превышения вытяжки над притоком).

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, в котором находятся постоянные или временные рабочие места.

Резервная система вентиляции (резервный вентилятор) – система (вентилятор), предусматриваемая в дополнение к основным системам вентиляции для автоматического ее включения при выходе из строя одной из основных систем.

Рециркуляция – частичный или полный возврат в обслуживаемые помещения воздуха (при необходимости с предварительной подготовкой), удаляемого из них вытяжными системами вентиляции.

1.2 Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда при работе с аппаратурой для исследования работы вентиляции и ознакомленные с данным методическим пособием.

Выполнение работы одним студентом в лаборатории не допускается.

Перед присоединением измерительных приборов к вентиляционной установке необходимо путем внешнего осмотра проверить исправность соединительных шлангов.

Проводить исследования эффективности работы вентиляционной установки в соответствии с изложенной в лабораторной работе методикой.

Не допускается производить действия, не предусмотренные порядком выполнения работы.

Включение вентиляционной установки производится преподавателем.

После окончания работы выключить вентиляционную установку, отсоединить микроманометр ММН, убрать рабочее место и доложить преподавателю о выполнении лабораторной работы.

1.3 Классификация систем вентиляции

При всем многообразии систем вентиляции, обусловленном назначением помещений, характером технологического процесса, видом вредных выделений и т. п., их можно классифицировать по следующим характерным признакам:

- способу создания давления для перемещения воздуха,
- назначению,
- зоне обслуживания,
- конструктивному исполнению.

По способу перемещения удаляемого из помещений и подаваемого в помещения воздуха различают вентиляцию **естественную** (неорганизованную) и **механическую** (искусственную).

1.3.1 Естественная вентиляция

Естественная вентиляция осуществляется под влиянием разности температур и весов воздуха внутри и снаружи производственных помещений, а также ветрового побуждения. Применение естественной вентиляции требует

расположения оборудования перпендикулярно продольным стенам для обеспечения свободного движения воздушных потоков.

Проходы между оборудованием должны быть не менее 2 м. Против проходов в продольных стенах оборудуют приточные отверстия в виде открывающихся фрамуг, которые обеспечивают свободное поступление свежего воздуха вглубь помещения. При этом свежий воздух не перемешивается, а вытесняет загрязненный воздух, находящийся в помещении.

Проветривание помещений проводят, открывая форточки и фрамуги в окнах и световых фонарях; это периодически действующая естественная вентиляция. Воздухообмен в холодный период года допускается не более однократного в час. При этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры воздуха внутри помещения против расчетной, туманообразования и конденсации водяных паров на поверхности стен, покрытий, остекления.

Аэрация – это организованная естественная вентиляция, выполняющая роль общеобменной вентиляции производственных помещений в заданных параметрах.

Аэрация применяется для вентиляции производственных помещений большого объема. Естественный воздухообмен осуществляется через окна, световые фонари с использованием теплового и ветрового напоров (рисунок 1). Тепловое давление, в результате которого воздух поступает в помещение и выходит из него, образуется за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха и регулируется различной степенью открытия фрамуг и фонарей. Разность этих давлений на одном и том же уровне называется внутренним избыточным давлением $P_{изб}$. Оно может быть как положительным, так и отрицательным.

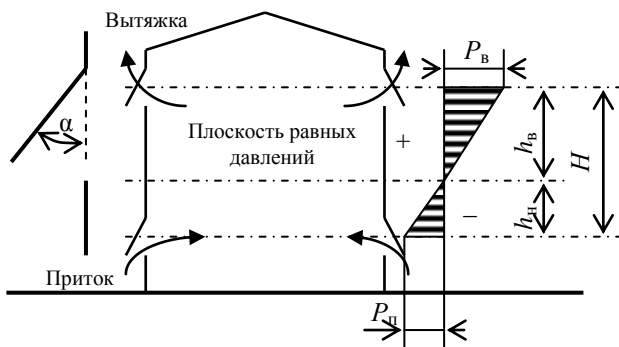


Рисунок 1 – Распределение давления воздуха в помещении при естественной вентиляции

При отрицательном значении $P_{изб}$ (превышении наружного давления над внутренним) воздух поступает внутрь помещения, а при положительном значении $P_{изб}$ (превышении внутреннего давления над наружным) воздух

выходит из помещения. При $P_{изб} = 0$ движения воздуха через отверстия в наружном ограждении не будет. Нейтральная зона в помещении (где $P_{изб} = 0$) может быть только при действии одних теплоизбытков; при ветре с теплоизбытками она резко смещается вверх и исчезает.

Нормального и эффективного действия аэрации можно достигнуть лишь при соответствующем расположении здания. Здание необходимо располагать перпендикулярно направлению господствующих ветров или под углом не менее 45° к ним.

Створки окон в стенах и фонарях на крышах оборудуются механизмами, обеспечивающими их открывание с пола. Регулируя открывание створок (фрамуг) в зависимости от направления и силы ветра, создают условия для обмена воздухом в необходимых объемах.

Надежное действие аэрации обеспечивается лишь при довольно частом открывании и закрывании фрамуг, что возможно при хорошей конструкции механизмов и их исправном состоянии.

При аэрации существенное значение для воздухообмена имеет соотношение длины и ширины фрамуг, выбор оси их вращения, угла открывания. Схемы открытия створок при аэрации приведены на рисунке 2.

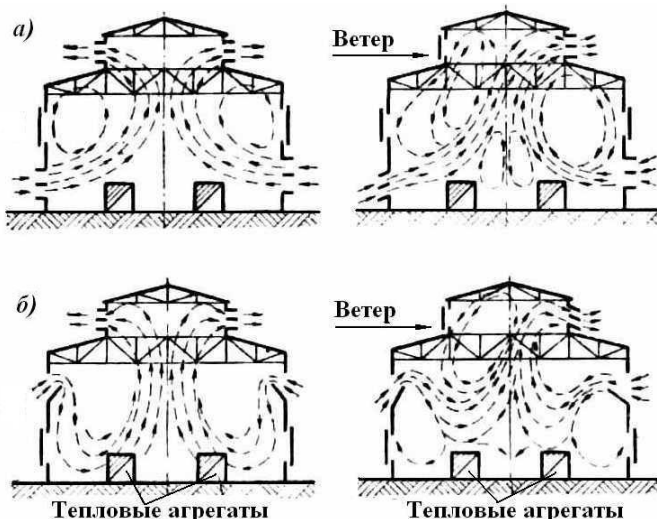


Рисунок 2 – Схемы открытия створок при аэрации:
a – в теплое время года; *б* – в холодное время года

Приток воздуха в помещение предусматривается в теплый период года на высоте не более 1,8 м от пола, а в холодный период года – не ниже 4 м от пола, чтобы обеспечить лучший воздухообмен, предотвратить воздействие

холодного воздуха на работающих и устранить возможность простудных заболеваний.

В производственных помещениях, где допустима небольшая кратность воздухообмена, устанавливают вытяжные трубы или шахты, наружная часть которых располагается над крышей. В целях повышения эффективности воздухообмена через вытяжные трубы или шахты на них устанавливают дефлекторы.

Дефлекторы, обеспечивая удаление воздуха из помещения за счет теплового напора, дополнительно увеличивают эффект вытяжки воздуха из помещения за счет действия силы ветра. Разработано большое количество дефлекторов различных типов, но наиболее рациональными конструкциями, получившими широкое распространение, являются дефлекторы ЦАГИ (рисунок 3).

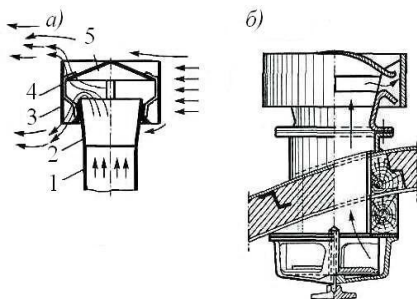


Рисунок 3 – Дефлектор круглой формы:
а – ЦАГИ: 1 – патрубок; 2 – диффузор;
3 – корпус дефлектора; 4 – лапки для крепления зонта-колпака; 5 – зонт-колпак;
б – унифицированный ЦАГИ-ЦНИИ, установленный на крыше пассажирского вагона

Дефлектор ЦАГИ представляет собой патрубок, который размещается над верхней частью вытяжной трубы или шахты. Верхняя часть патрубка имеет расширение (диффузор), над ним на некотором расстоянии располагается козырек. С боковых сторон диффузор вместе с козырьком закрывается цилиндрической обечайкой. Обечайка и козырек крепятся на кронштейнах на верхней части патрубка, оставляя по бокам строго определенное свободное пространство.

При обтекании наружной поверхности обечайки дефлектора ветровым воздушным потоком внутри ее создается разрежение, способствующее более интенсивной вытяжке воздуха из помещения. Поскольку дефлекторы устанавливаются выше конька крыши производственных зданий и имеют цилиндрическую обечайку, они улавливают ветровой напор любого направления. Данная конструкция дефлектора исключает обратную тягу (в помещении), а при непогоде – проникновение в здание дождя и снега.

Преимуществами естественной вентиляции являются простота устройства и незначительная стоимость эксплуатации, возможность хорошего проветривания больших производственных помещений с избыточными тепловыделениями.

Недостатками естественной вентиляции является отсутствие возможности подогрева и увлажнения воздуха, очистки его от пыли и подачи к определенным рабочим местам.

Инфильтрация относится к неорганизованному воздухообмену, происходящему через неплотности в притворах окон, дверей и через поры материалов конструктивных элементов зданий.

1.3.2 Механическая вентиляция

Механической (искусственной) вентиляцией называется способ подачи воздуха в помещение или удаления из него с помощью вентилятора. Такой способ воздухообмена является более совершенным, так как воздух, подаваемый в помещение, может быть специально подготовленным в отношении его чистоты, температуры и влажности.

Вентиляцию с механическим побуждением (механическую вентиляцию) следует предусматривать:

- если метеорологические условия и чистота воздуха не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением (естественной вентиляцией);

- для помещений и зон без естественного проветривания.

По **назначению** системы вентиляции подразделяются на *приточные* и *вытяжные*.

По **способу организации** воздухообмена в помещениях вентиляция может быть *общеобменной, местной, смешанной, аварийной и противодымной*.

Общеобменная вентиляция предусматривается для создания одинаковых условий воздушной среды (температуры, влажности, чистоты воздуха и его подвижности) во всем помещении, главным образом в рабочей зоне. Общеобменная вентиляция может быть как **приточной**, так и **вытяжной**, а чаще **приточно-вытяжной**, обеспечивающей организованный приток и удаление воздуха.

Схемы приточной и вытяжной системы вентиляции приведены на рисунке 4.

Общеобменная приточная вентиляция (рисунок 4, *а*) обеспечивает подачу в производственные помещения чистого воздуха. Она может применяться в производственных помещениях со значительными тепловыделениями и малой концентрацией вредных веществ. При этом загрязненный воздух удаляется через фрамуги, дефлекторы или вентиляционные воздухопроводы не только вследствие теплового напора, ветрового побуждения, но и благодаря подпору, создаваемому приточной вентиляцией.

Свежий приточный воздух по воздухопроводам направляют в различные зоны производственного помещения и через распределительные насадки подают в рабочую зону.

Общеобменная вытяжная вентиляция (рисунок 4, б) может применяться в производственных помещениях, в которых отсутствуют вредные выделения и необходима малая кратность воздухообмена, во вспомогательных и бытовых помещениях, на складах.

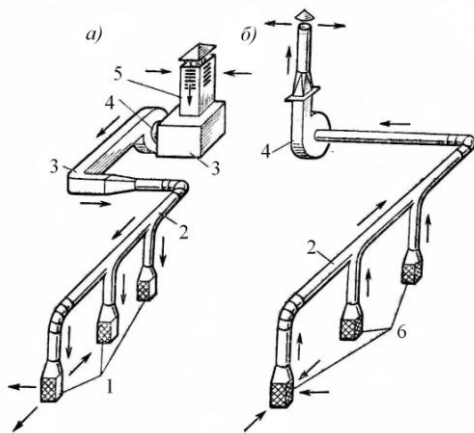


Рисунок 4 – Схемы механических общеобменных вентиляционных установок:
 а – приточная; б – вытяжная; 1 – воздухораспределители;
 2 – воздуховоды; 3 – камера очистки, нагрева, увлажнения воздуха; 4 – вентилятор; 5 – воздухозаборник;
 6 – воздухоприемники

создавать небольшой подпор воздуха, а в смежных с ними помещениях со значительными выделениями вредностей такого подпора (избыточного давления) воздуха не создавать. Этим будет обеспечена своеобразная изоляция производственных помещений с малыми выделениями вредностей от проникновения в них загрязненного воздуха из смежных помещений.

Устройства для подачи в производственное помещение свежего воздуха располагают со стороны, противоположной фронту обслуживания оборудования. Высота устройств для забора воздуха может быть принята различной, чтобы загрязненный воздух перемещался в направлении его естественного движения. Пыль, а также более тяжелые, чем воздух, пары и газы скапливаются в нижних зонах помещения, где и следует располагать приемные устройства.

Рециркуляция воздуха в системе приточно-вытяжной вентиляции применяется в холодное время года в целях экономии тепла, затрачиваемого на подогрев воздуха. При рециркуляции часть удаляемого воздуха после соот-

В этом случае свежий воздух поступает через форточки, путем инфильтрации через стены, потолок, неплотности в дверях и окнах, а также из смежных помещений. Последнее возможно, когда в смежных помещениях отсутствуют вредные выделения.

Приточно-вытяжная вентиляция (рисунок 5) применяется во всех производственных помещениях, когда требуется повышенный и особо надежный обмен воздуха.

При этом виде вентиляции целесообразно, в производственных помещениях с малыми выделениями вредностей,

ветствующей очистки от производственных вредностей снова направляется в помещение.

При использовании принципа рециркуляции необходимо соблюдать следующие условия: количество чистого воздуха, поступающего извне, должно составлять не менее 10 % от общего количества воздуха, подаваемого в помещение; воздух, поступающий в помещение, должен содержать не более 30 % вредных веществ по отношению к их предельно допустимой концентрации.

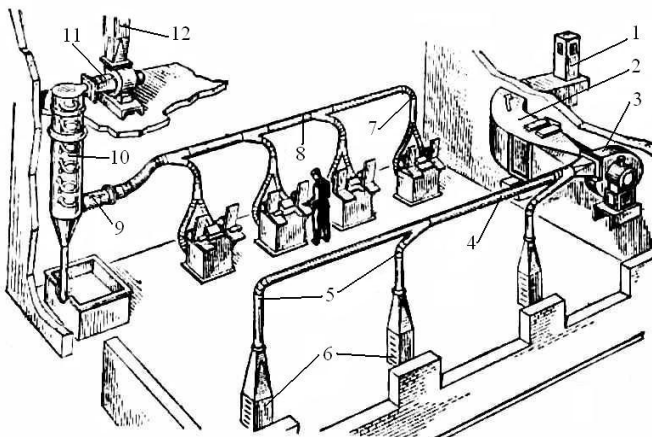


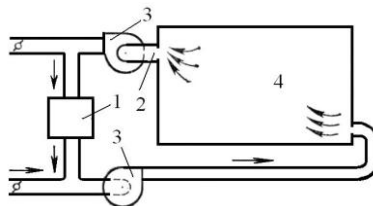
Рисунок 5 – Механическая приточно-вытяжная вентиляция:

- 1 – воздухозаборное устройство; 2 – камера очистки, нагрева, увлажнения воздуха;
3, 11 – вентилятор; 4, 5, 7, 8, 9 – воздуховоды; 6 – воздухоприемники; 10 – пылеотделитель;
12 – устройство для выброса воздуха

На рисунке 6 приведена схема вентиляционной установки, действующей по принципу рециркуляции.

Рисунок 6 – Схема воздухообмена в помещении по принципу рециркуляции:

- 1 – фильтр для очистки воздуха;
2 – вытяжной воздуховод; 3 – вентиляторы;
4 – вентилируемое помещение



Применение рециркуляции недопустимо в производственных помещениях, в воздушной среде которых могут быть вредные вещества 1, 2 и 3-го классов опасности, неприятные запахи и болезнетворные микроорганизмы или возможно резкое увеличение концентрации вредных и взрывоопасных пылей, паров и газов.

Местная вентиляция – вентиляция, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

К *местной приточной вентиляции* относятся воздушные души (сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью). Их задача – подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру окружающего воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся интенсивному тепловому облучению.

Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у ворот, печей и пр.), которые не дают воздуху проникнуть из одного помещения в другое, или с улицы в помещение.

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда дым, газы, пыли, и частично тепло выделяются локализовано. Такая вентиляция улавливает и отводит вредности, позволяя предотвратить их распространение по всему помещению.

Основные требования, которым местная вытяжная вентиляция должна удовлетворять:

- место образования вредных выделений по возможности должно быть полностью укрыто;
- конструкция местного отсоса должна быть такой, чтобы отсос не мешал нормальной работе и не снижал производительность труда;
- вредные выделения необходимо удалять от места образования в направлении их естественного движения (горячие газы и пары надо удалять вверх, холодные тяжелые газы и пыль – вниз).

В зависимости от назначения и конструктивного выполнения они подразделяются на закрытые приемники, бортовые отсосы, защитно-обеспыливающие кожухи и вытяжные зонты (рисунок 7, а–е).

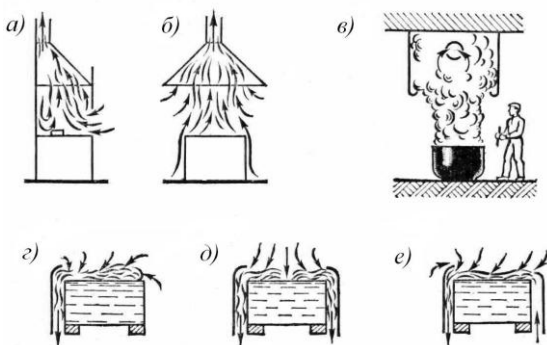


Рисунок 7 – Схемы различных типов укрытий, предназначенных для улавливания вредностей у мест их выделения:

- а – вытяжной шкаф; б – зонт; в – укрытие ширмами; г – односторонний бортовой отсос; д – двусторонний бортовой отсос; е – передувка

Закрытые приемники полностью закрывают источник выделения вредных, при этом работающие находятся вне укрытия и выполняют необходимые операции с помощью дистанционного управления. К закрытым приемникам относятся сушильные, окрасочные и другие промышленные камеры.

Защитно-обеспыливающие кожухи располагают у мест образования пыли, чтобы исключить попадание ее в воздушное пространство помещения, удалить от места образования и предохранить работающего от травм.

Вытяжные зонты устанавливаются на некотором расстоянии от места выделения вредных, благодаря чему обеспечивается открытый доступ работающего к оборудованию или месту работы.

Бортовые отсосы (рисунок 8) устраивают у промышленных ванн, наполненных разного рода водными растворами. Отвод вредных выделений достигается лишь при больших объемах отсасываемого воздуха.

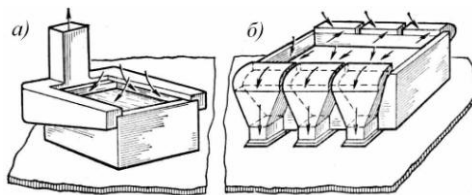


Рисунок 8 – Бортовые вытяжные отсосы:
а – сплошной; б – секционный

Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при выделении вредных (газов, влаги, теплоты и т. п.) обычно применяют *смешанные системы* вентиляции.

Смешанные системы, применяемые главным образом в производственных помещениях, представляют собой комбинации общеобменной вентиляции и местной.

Аварийные вентиляционные установки предусматривают в помещениях, в которых возможно внезапное выделение вредных веществ в количествах, значительно превышающих допустимые. Эти установки включают только в том случае, если необходимо быстро удалить вредные выделения.

Противодымная вентиляция предусматривается для обеспечения эвакуации людей из помещений здания в начальной стадии пожара.

1.4 Теоретические основы определения параметров работы вентиляционных систем

Перемещение воздуха по воздуховодам происходит за счет затрат энергии (давления). Различают три вида давления: статическое, динамическое и полное.

Действие давления в воздуховоде рассмотрим на примере. Тонкая пластинка (рисунок 9, а) помещена в поток воздуха (газа) таким образом, что ее поверхность параллельна направлению движения потока. Толщина пластинки столь мала, что это не нарушает условий движения воздуха. В этом случае обе стороны пластинки будут испытывать только давление $P_a + P_{ст}$ (где P_a – давление окружающей атмосферы; $P_{ст}$ – статическое давление в потоке, представляющее собой разность давлений в воздуховоде и в окружающей атмосфере). Это же давление будут испытывать и стенки воздуховода.

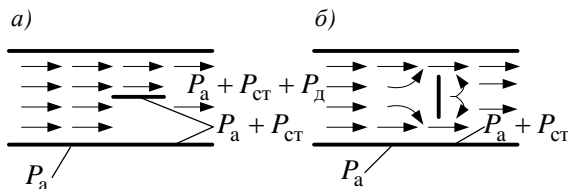


Рисунок 9 – Давления, действующие на пластинку, находящуюся в потоке воздуха

Если пластинку поворачивать вокруг оси, перпендикулярной направлению движения потока, то давление, оказываемое на нее потоком, будет возрастать и достигнет наибольшего значения, когда поверхность пластинки будет перпендикулярна потоку воздуха (рисунок 9, б). Дополнительное давление, которое испытывает пластинка, является результатом внезапного торможения частиц воздуха у поверхности пластинки. Это давление носит название скоростного ($P_{ск}$) или динамического (P_d) и представляет собой кинетическую энергию объема текущего воздуха (газа), которая требуется для ускорения движения от состояния покоя до скорости потока

$$P_d = \rho v^2 / 2, \quad (1)$$

где P_d – динамическое давление, Па;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 (плотности воздуха при различных температурах и нормальном атмосферном давлении приведены в приложении А);

v – скорость воздушного потока, м/с.

Сумма статического и динамического давлений носит название полного давления

$$P_{полн} = P_{ст} + P_d. \quad (2)$$

Зависимость между статическим и динамическим давлением в воздушном потоке определяется уравнением Бернулли.

В идеальном воздуховоде при отсутствии сопротивления движению, т. е. при постоянном запасе энергии (рисунок 10, а)

$$P_a + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = P_a^1 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} = \text{const}$$

или
$$P_a \rho + P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_a^1 \rho + P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} = \text{const} . \quad (3)$$

Поскольку окружающее атмосферное давление практически постоянно и плотность воздуха в воздуховоде ничтожно отличается от плотности воздуха атмосферы, величины $P_a \rho$ и $P_a^1 \rho$ можно считать равными.

Применительно к движению воздуха в идеальном воздуховоде (без сопротивлений) уравнение Бернулли примет вид

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} = \text{const} . \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что величина полного давления на небольшом участке воздуховода постоянна и что динамическое давление может быть преобразовано в статическое и наоборот.

Поскольку величины давлений в вентиляционных установках невелики (обычно не выше 2000 Па), атмосферное давление условно принимается нулевым, а измеряемые величины показывают давление больше или меньше атмосферного.

Для реального воздуховода, где воздух при движении преодолевает сопротивление, расходуя на это часть давления, уравнение Бернулли (рисунок 10, б) запишется следующим образом:

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \Delta P_{\text{п}} = \text{const} \quad (5)$$

или

$$P_{\text{полн}1} = P_{\text{полн}2} + \Delta P ,$$

где $P_{\text{полн}1}$ и $P_{\text{полн}2}$ – полное давление в сечениях, Па;

ΔP – потери давления на преодоление сопротивлений между сечениями, Па. Потери давления состоят из потерь давления на трение (за счет шероховатости воздухопроводов) и в местных сопротивлениях (повороты, изменения сечения, фильтры, калориферы и т. д.).

При измерении давлений в вентиляционных установках необходимо учитывать следующее:

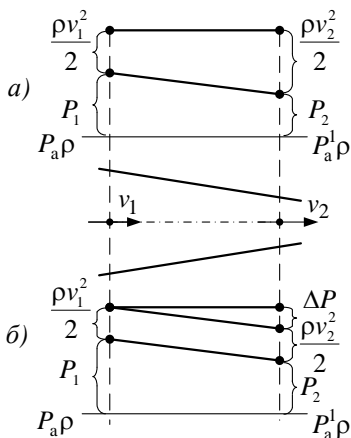


Рисунок 10 – К определению давлений в воздушном потоке

а) динамическое давление, выраженное величиной $P_d = \rho v^2/2$, всегда имеет положительное значение;

б) на участках до вентилятора (на всасывании) полное давление всегда отрицательно, а статическое $P_{ст} = P_{полн} - P_d$ характеризуется отрицательным значением, по абсолютной величине большим величины полного давления (рисунок 11);

в) на участках после вентилятора (на нагнетании) полное давление всегда положительно, а статическое может быть положительным, если $P_{полн} > P_d$ и отрицательным, если $P_{полн} < P_d$; отрицательное статическое давление иногда бывает на стороне нагнетания при установке за вентилятором диффузора;

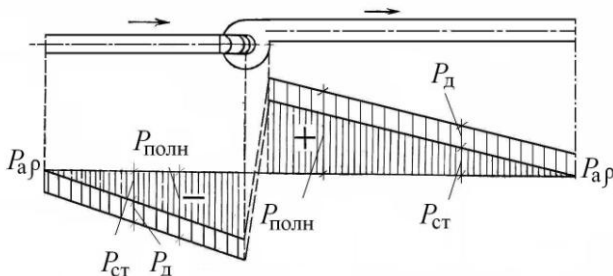


Рисунок 11 – Эпюра давлений в вентиляционных воздуховодах

г) из выражения (5) следует, что $\Delta P = P_{полн.1} - P_{полн.2}$, т. е. потеря давления на участке между сечениями равна разности полных давлений в этих сечениях;

д) в Международной системе единиц (СИ) за единицу давления принят Паскаль (Па). Наряду с Паскалем употребляют более крупные единицы – килопаскаль (кПа) и мегапаскаль (МПа); $1 \text{ Па} = 10^{-3} \text{ кПа} = 10^{-6} \text{ МПа}$. Соотношения между различными единицами измерения давления приведены в приложении Б.

2 ТИПЫ И НАЗНАЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ. ПРИБОРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

По своему назначению испытания могут быть предпусковые и контрольные.

Предпусковые испытания производят один раз после окончания монтажа вентиляционных установок и механической обкатки оборудования, производимой монтажной организацией. Такие испытания являются частью работы по приему вентиляционных установок в эксплуатацию.

Контрольные испытания проводят периодически для проверки состояния установок в процессе их эксплуатации. Часто испытания проводят при неудовлетворительных результатах анализа воздушной среды в производственных помещениях и после капитального ремонта или переустройства вентиляционных установок.

В зависимости от характера и объема производимых измерений испытания могут быть технические и санитарно-гигиенические.

Технические испытания проводят для выявления полной технической характеристики вентиляционных установок.

При испытаниях определяют:

а) соответствие проектным решениям всей смонтированной установки и ее элементов: вентилятора, электродвигателя, устройства для подогрева (охлаждения) поступающего воздуха, очистки и увлажнения его. Особое внимание уделяют проверке месторасположения отверстий для поступления наружного приточного и выброса загрязненного воздуха из производственных помещений, а также расположению и действию приточных насадок и местных отсосов. Осмотру подлежат газо- и пылеулавливающие устройства, проверяют наличие и место установки регулирующих приспособлений;

б) качество монтажа; плотность соединения воздуховодов, правильность балансировки вентилятора, бесшумность установки. Особое внимание уделяют удобству обслуживания и ремонта установки, пользования регулирующими и измерительными приспособлениями, а также возможности соблюдения правил и норм безопасности труда (устройству ограждений, лестниц, проходов, наличию контрольно-измерительных приборов);

в) скорость движения и объем воздуха, проходящего через воздуховоды;

г) общую подачу установки и полное развиваемое вентилятором давление.

Санитарно-гигиенические испытания вентиляционных систем имеют целью проверить эффективность вентиляции в создании нормальных гигиенических условий в рабочих помещениях.

Предупредительный санитарный надзор за системами вентиляции промышленных предприятий проводится:

- при проектировании, строительстве, реконструкции или изменении профиля и технологии производства на предприятиях, цехах, участках;
- вводе в эксплуатацию вновь смонтированных систем вентиляции;
- реконструированных систем вентиляции;
- новых типов технологического оборудования, новых технологических процессов и новых химических веществ, могущих оказать вредное воздействие на организм человека или загрязнять окружающую среду.

Обследование и оценку вентиляции при вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых систем, нового оборудования, процессов и веществ производится после полного завершения строительно-монтажных работ.

Перед обследованием технологические процессы должны быть отлажены в соответствии с регламентом, при обследовании производственное оборудование должно работать с проектной нагрузкой, вентиляционные системы должны пройти монтажную наладку и иметь проектную производительность.

Текущий санитарный надзор за системами вентиляции промышленных предприятий осуществляется в виде выборочного контроля за:

- состоянием воздушной среды в рабочей зоне (или на постоянных рабочих местах) и в местах расположения воздухозаборных устройств;
- работой вентиляционных систем, их состоянием и эксплуатацией.

Объем и периодичность выборочного контроля осуществляется в соответствии с действующим законодательством, по усмотрению самого предприятия, а также по решению органов, осуществляющих государственный надзор.

Действующие вентиляционные системы должны подвергаться регулярной проверке соответствующими специалистами или санитарных лабораторий предприятий в следующие сроки:

- а) в помещениях, где возможно выделение вредных веществ 1 и 2 класса опасности – 1 раз в месяц;
- б) системы местной вытяжной и местной приточной вентиляции – 1 раз в год;
- в) системы общеобменной механической и естественной вентиляции – 1 раз в 3 года.

В случае реконструкции вентиляционных систем после изменения технологического процесса, оборудования и перестройки помещения проверка должна осуществляться сразу после реконструкции, независимо от сроков периодического контроля.

К контролю вентиляции и оценке ее гигиенической эффективности следует приступать после осуществления всех необходимых технологических, эксплуатационных и организационных мероприятий по ликвидации или снижению выделений избыточного тепла, пыли и газов от оборудования в помещении.

2.1 Приборы для проведения испытаний вентиляционных систем

2.1.1 Приемники давлений

При испытаниях вентиляционных систем в качестве приемников давления используют пневмометрические трубки различных конструкций. Наибольшее распространение находит пневмометрическая трубка МИОТ (Московского института охраны труда), показанная на рисунке 12.

Пневмометрическая трубка состоит из двух спаянных друг с другом латунных трубок 3 (диаметром 3–6 мм): трубки полного давления Пито и трубки статического давления. Спаянный конец трубок загнут под углом 90° и является измерительным. На разведенные концы трубок надеваются резиновые шланги для соединения с измерительными приборами.

Трубка, предназначенная для измерения полного давления, имеет полусферическую головку обтекаемой формы с центральным отверстием 1 диаметром не более $0,3d$ (где d – наружный диаметр трубки). Конец трубки, предназначенной для измерения статического давления, заострен в форме клина с углом не более 10° , чтобы устранить завихрения воздушного потока при обтекании и повысить точность измерений, и несколько смещен против трубки полного давления. Отверстия 2 диаметром $0,1d$ для измерения статического давления расположены на расстоянии $1,5d$ от конца плоскостей скоса. Оси отверстий перпендикулярны поверхности трубки. Наружные поверхности концов трубок гладкие, без выступов, вмятин и заусенцев.

При измерении давления загнутый конец пневмометрической трубки вставляют в воздухопровод через отверстие в его стенке и устанавливают концом навстречу потоку воздуха так, чтобы ось напорного конца трубки была параллельна потоку воздуха (что контролируется положением наружных концов трубки со шлангами).

Если конец трубки, имеющий отверстие в головке, присоединить резиновым шлангом к измерительному прибору, можно определить полное давление в замеряемой точке потока $P_{\text{полн}}$.

Путем соединения трубки с боковыми отверстиями с измерительным прибором определяют статическое давление $P_{\text{ст}}$. Присоединение резиновыми шлангами концов обеих трубок к двум концам манометра позволяет измерить разность между полным и статическим давлением, т. е. динамическое давление $P_{\text{д}}$. Для удобства измерений разведенные концы трубок имеют условные обозначения: трубка полного давления – знак «+»; трубка статического давления – знак «-».

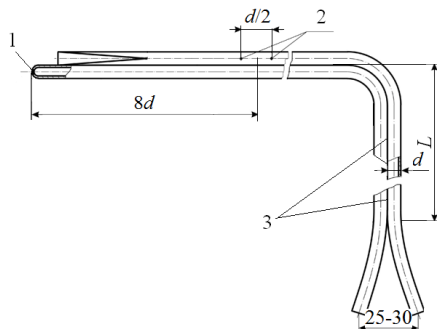


Рисунок 12 – Пневмометрическая трубка МИОТ

2.1.2 Регистраторы давлений

Жидкостные манометры и микроманометры являются регистраторами давлений. С их помощью определяют величины давлений, полученных приемниками.

Принцип действия жидкостных манометров и микроманометров основан на вытеснении и перемещении жидкости, находящейся в сообщающихся со-

судах, вследствие разности давлений, уравновешиваемых гидростатическим давлением столба жидкости.

Простейшим из манометров является *U*-образный (рисунок 13), представляющий собой *U*-образную стеклянную трубку 1, смонтированную на деревянной доске 3 и укрепленную держателями 2.

Между коленами трубки помещена проградуированная в миллиметрах шкала 4 с нулевой линией посередине, от которой ведется отсчет вниз и вверх. Трубка заполнена водой (обычно дистиллированной) до уровня нулевой линии.

Отсчет производят по расстоянию между менисками в обоих коленах трубки. Разность уровней отсчитывают в мм водн. ст., что соответствует разности давлений в Па (кгс/м^2). Для уменьшения влияния капиллярности воды и для получения менее крутого мениска трубка манометра принимается внутренним диаметром не менее 5–6 мм. Обычная точность отсчета не более $\pm 0,5$ мм.

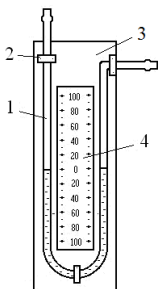


Рисунок 13 – Общий вид *U*-образного манометра

Поэтому, исходя из предельно допустимой ошибки в отсчете 3–4 %, манометр можно применять лишь в тех случаях, когда измеряемое давление составляет не менее 150–200 Па (15–20 кгс/м^2).

Заполняя манометр вместо воды этиловым спиртом или керосином, можно получить более четкий мениск. Поскольку плотность этих жидкостей меньше единицы, точность отсчета несколько повышается, и прибор можно применять при разности давлений 120–150 Па (12–15 кгс/м^2).

Истинное давление $P_{\text{ист}}$, (Па) равно произведению среднего значения уровней $H_{\text{отсч}}$ на плотность жидкости $\rho_{\text{ж}}$, наполняющей прибор

$$P_{\text{ист}} = 9,8067 H_{\text{отсч}} \cdot \rho_{\text{ж}}. \quad (6)$$

Плотность (г/см^3) чистого этилового спирта равна 0,81, керосина – 0,81–0,82, денатурированного спирта – 0,84, ртути – 13,6. При измерении давлений, больших 10 кПа (1000 кгс/м^2), манометр целесообразно заливать ртутью.

Поскольку перепады давлений в воздуховодах вентиляционных установок малы, то целесообразно применять приборы, предназначенные для измерения малых перепадов давлений (около 2 кПа), называемые микроманометрами.

Для испытаний работы вентиляции применяется микроманометр ММН – 240 (рисунок 14).

Прибор состоит из стального штампованного резервуара 2 и силуминовой плиты 1. Сверху резервуар герметично закрыт крышкой с резиновой прокладкой. К плите прикреплен кронштейн с измерительной трубкой 8. Нижняя часть измерительной трубки 8 сообщается с резервуаром при помощи эластичной резиновой трубки, а верхний ее конец сообщается с трехходовым краном 3. Измерительная трубка установлена так, что нулевая точ-

ка ее шкалы совпадает с осью вращения кронштейна. Шкала измерительной трубки имеет длину 250 мм, каждое деление ее соответствует 1 мм.

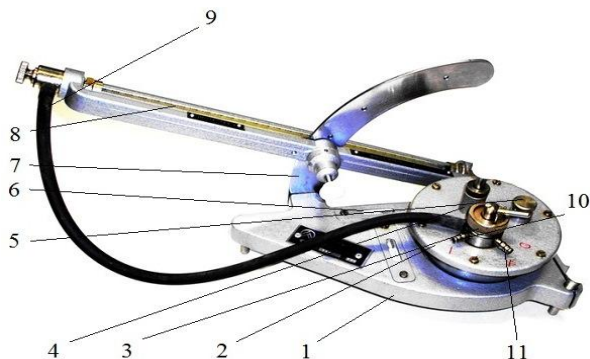


Рисунок 14 – Микроманометр ММН – 240:

1 – плита; 2 – резервуар; 3 – трехходовой кран; 4 – регулятор; 5 – пробка; 6 – уровень; 7 – дуга; 8 – измерительная трубка; 9, 10, 11 – штуцера.

Для установки кронштейна с измерительной трубкой на требуемый угол наклона к плите прикреплена дуга 7, имеющая пять отверстий с цифрами 0,8; 0,6; 0,4; 0,3 и 0,2, обозначающими постоянный множитель прибора К. Для установки микроманометра в строго горизонтальное положение на плите установлены два уровня 6.

Прибор заполняется спиртом через отверстие в крышке, закрываемое пробкой 5, а опорожняется (полностью или частично) через сливной кран, укрепленный на отводе нижней части резервуара.

Каналы трехходового крана 3 расположены таким образом, что при повороте его против часовой стрелки до упора резервуар и измерительная трубка сообщаются с атмосферой, а отверстия к штуцерам 10 и 11 перекрываются; при этом положении крана повернется нуль прибора. При повороте крана по часовой стрелке до упора штуцер 11 сообщается с резервуаром, а штуцер 10 сообщается со штуцером 9 и через него – с измерительной трубкой, при этом сообщающееся с атмосферой отверстие перекрывается.

При измерении прибором разрежений резиновая трубка, сообщающаяся с приемником давления, надевается на штуцер 10, а при измерении давлений – на штуцер 11; при измерении перепада давлений плюсовая трубка приемника давления надевается на штуцер 11, а минусовая – на штуцер 10.

В настоящее время электронные манометры вытесняют жидкостные приборы. Одним из представителей таких приборов является цифровой дифференциальный манометр типа ДМЦ-010 (рисунок 15).

Манометр ДМЦ-010 – это профессиональный прибор для измерения давления, разрежения и разности давлений газов, а также для определения скорости и расхода газопылевых и воздушных потоков с помощью напорных трубок «НИИОГАЗ», «ГИНЦВЕТМЕТ» или «ПИТО». Прибор применяется при

технологическом и экологическом контроле выбросов различных производств, контроле вентиляции производственных помещений, аэродинамических исследованиях. Встроенный микропроцессор обеспечивает автоматическую установку нуля, измерение и накопление данных по сечению газотока (профиль скоростей в $N < 99$ точках), расчет локальных скоростей и расхода газа с коррекцией на температуру потока, расчет средних скорости и расхода газа по измеренным точкам.



Рисунок 15 – Дифференциальный цифровой манометр ДМЦ-010:

1 – дисплей; 2 – кнопка установки нуля; 3 – кнопка вкл/выкл режима усреднения; 4 – кнопка выбора единиц измерения; 5 – кнопка вкл/выкл прибора; 6 – крышка батарейного отсека; 7 – функция кнопки в разработке; 8 – разъем для подключения зарядного устройства; 9 – кнопка вкл/выкл подсветки дисплея; 10 – кнопка фиксации показаний; 11 – штуцеры для подвода давления

Вся информация о работе прибора отображается на большом дисплее, снабженном подсветкой. После каждого измерения на индикаторе одновременно появляются:

- значение динамического напора в мм вод. ст. (или Па);
- локальная скорость в данной точке измерения в м/с;
- средняя скорость в м/с за N измерений;
- среднее значение расхода газа в $\text{м}^3/\text{ч}$.

Технические характеристики.

Диапазон измерения перепада давления, мм вод. ст. (кПа) – 0–200 (0–2,0).

Основная приведенная погрешность в диапазоне, % – 1.

Предельно-допустимое рабочее избыточное давление, одновременно подаваемое к обоим входам, мм вод. ст. (кПа) – 2000 (20).

Масса прибора (в комплекте), не более, кг – 0,7.

Габаритные размеры, мм, – 170×110×35.

2.1.3 Приборы для измерения скорости движения воздуха

Для измерения скорости движения воздуха применяют анемометры. Типы анемометров, их устройство, принцип действия и порядок измерения скорости движения воздуха изложены в учебно-методическом пособии к лабораторной работе «Исследование метеорологических условий в рабочей зоне».

Для измерения достаточно больших скоростей потока применяются пневмометрические трубки с манометрами.

2.1.4. Приборы для измерения частоты вращения

Частоту вращения электродвигателей, вентиляторов и других механизмов измеряют тахометрами и стробоскопами.

Тахометры представляют собой приборы, регистрирующие непосредственно частоту вращения в 1 мин. Для измерения частоты вращения рабочего колеса вентилятора обычно применяют центробежные тахометры ИО-30, ТЧ-10Р (рисунок 16).

Тахометром ТЧ-10Р можно измерять частоту вращения в пяти диапазонах – от 25 до 1000 мин⁻¹ с погрешностью $\pm 2\%$ максимального предела в каждом диапазоне измерения.

Тахометр DM-2235B (рисунок 17) предназначен для измерения частоты вращения электродвигателей, вентиляторов и других механизмов.

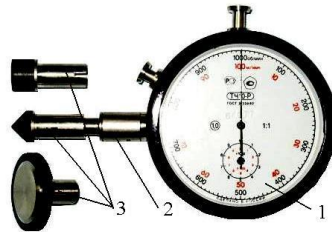


Рисунок 16 – Общий вид тахометра ТЧ-10Р:
1 – шкала тахометра; 2 – приводной вал;
3 – насадки

Технические характеристики.

Вид используемого дисплея – ЖК 5 цифр, 10 мм.

Погрешность измерения – $\pm(0,05\% + 1 \text{ цифра})$.

Разрешение измерения – 0,1 об/мин ($< 1000 \text{ об/мин}$).

Габаритные размеры, мм, – 190×72×37.

Масса с батареей, кг, – 0,3.

Источник питания – 4 батареи 1,5 В.

Особенности конструкции:

- автоматическое изменение диапазонов;
- функция памяти MIN/MAX/LAST;
- кварцевая стабилизация времени;
- механическое измерение скорости вращения;
- индикатор низкого заряда батареи.

Ручной стробоскоп Testo 476 позволяет измерять и проверять вращение и вибрацию. Прибор позволяет проводить качественную оценку состояния движущихся частей с высокой скоростью.

Преимущества.

Высокая точность и стабильность благодаря плавному подбору частоты.



Рисунок 17 – Общий вид тахометра DM-2235B:

- 1 - приводной вал; 2 - корпус;
3 - ЖК-дисплей; 4 - кнопка вкл/выкл прибора;
5 - кнопка включения памяти

Мощная перезаряжаемая батарея для работы при высокой частоте.

Технические характеристики.

Диапазон измерений, об/мин, – +30 до +12500.

Погрешность от измеренной величины, %, – ±0,01.

Разрешение, об/мин, – 1.

Подсветка 800 люкс на расстоянии, м, – 0,2.

Габаритные размеры, мм, – 240×65×50.

Масса, кг, – 0,465.

3 ОЦЕНКА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

При санитарно-гигиеническом контроле механической и естественной вентиляции эффективность оценивается как способность поддержания в рабочей зоне производственного помещения параметров воздушной среды, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 12.1.005–88 и СанПиН от 30.04.2013 г. № 33.

Оценка санитарно-гигиенической эффективности механической вентиляции производственного помещения должна проводиться в следующем порядке:

а) предварительные мероприятия: проверить соответствие технологического процесса регламенту, убедиться в исправности технологического оборудования и коммуникаций; провести осмотр вентиляционных систем и их элементов, убедиться в нормальной работе вентилятора (правильное направление вращения, отсутствие посторонних шумов при вращении), в отсутствии разрывов и повреждений в сети воздуховодов, в исправности воздуховыпускных и воздухоприемных устройств (жалюзи, решетки, клапаны и т. д.) и калориферов;

б) после устранения замеченных дефектов провести измерение параметров микроклимата и определить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

в) при отклонении параметров воздушной среды от нормируемых значений следует приступить к инструментальному обследованию вентиляции;

г) результаты инструментального обследования вентиляции сопоставляются с проектными величинами основных параметров вентсистем.

Инструментальное обследование механической вентиляции может включать в себя следующие измерения:

– измерение производительности всех приточных и вытяжных систем;

– измерение скоростей воздуха в проемах укрытий, воздухоприемных отверстиях местных отсосов, на выходе воздухоотдающих устройств, в дверных, транспортных и монтажных проемах;

- измерение температуры приточного воздуха, подаваемого системами вентиляции или воздушного отопления;
- измерение концентраций вредных веществ в приточном воздухе (вблизи мест воздухозабора);
- измерение шума и вибрации, создаваемых элементами вентсистем;
- измерение давления, развиваемого вентилятором;
- измерение частоты вращения колеса вентилятора.

Производительность (расход) механической вентиляции измеряется:

- для определения соответствия фактической производительности вентиляции проектной величине;
- вычисления кратности воздухообмена;
- выявления объемов притока и вытяжки и их распределения по зонам помещения;
- вычисления средних скоростей движения воздуха в рабочих сечениях воздухоприемных устройств.

Считается допустимым расхождение проектной и фактической величин производительности систем механической вентиляции, не превышающее $\pm 10\%$.

Для определения фактической кратности воздухообмена, обусловленной работой механической вентиляции, измеряются производительности всех приточных и всех вытяжных систем, обслуживающих данное помещение.

Кратность воздухообмена вычисляется по формуле:

$$\kappa_{\text{пр}} = \frac{\sum L_{\text{пр}}}{V}, \quad \kappa_{\text{выт}} = \frac{\sum L_{\text{выт}}}{V}, \quad (7)$$

где $\kappa_{\text{пр}}$ и $\kappa_{\text{выт}}$ – кратности воздухообмена по притоку и вытяжке соответственно, ч^{-1} ;

$\sum L_{\text{пр}}$ и $\sum L_{\text{выт}}$ – суммарные производительности вентиляции приточной и вытяжной соответственно, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V – строительный объем помещения, м^3 .

Величины, характеризующие работу вентилятора в сети и получаемые в результате измерений – производительность вентилятора L , развиваемый напор ΔP и частота вращения колеса вентилятора n – сравнивают с паспортными данными вентилятора и с графиком его каталожной характеристики. Если точка, определяемая фактической производительностью и фактическим полным давлением, совпадает с точкой каталожной характеристики, то вентилятор считается соответствующим каталожным данным. При этом фактическая производительность может не соответствовать проектной.

Если точка окажется ниже каталожной характеристики, то вентилятор не соответствует каталожным данным. Отклонение от каталожной характеристики по величине полного давления допускается в пределах $\pm 5\%$. При больших отклонениях следует устранить дефекты монтажа вентилятора или изменить общее аэродинамическое сопротивление вентиляционной сети.

3.1 Параметры, измеряемые при санитарно-гигиеническом обследовании производственных помещений. Методы измерений

При санитарно-гигиеническом контроле вентиляции в зависимости от конкретных условий, особенностей технологического процесса и типа вентиляционного оснащения производственного помещения, должны измеряться следующие параметры воздушной среды: концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, температура, относительная влажность и подвижность воздуха, интенсивность теплового облучения, а также следующие параметры вентиляции: скорости и температуры воздушных потоков; производительность, развиваемое давление и число оборотов вентилятора, шум и вибрация элементов вентиляционных систем, концентрация вредных веществ в приточном воздухе.

Контроль параметров вентиляции осуществляется:

- при измерении скоростей и температур воздушных потоков в рабочей зоне, в открытых проемах укрытий и рабочих сечениях воздухоприемных устройств, а также в транспортных, монтажных и аэрационных проемах, в приточных струях от воздухоразделяющих устройств, воздушных душей и завес;
- определении производительности вентилятора и развиваемого им давления – в воздуховодах общеобменных приточных и вытяжных систем, встроенных в оборудование местных отсосов и аспирационных укрытий;
- измерении разности давлений или разрежения – в производственных помещениях относительно соседних помещений или атмосферы, боксах, кабинах и укрытиях относительно помещения;

Измерение концентрации вредных веществ осуществляется путем отбора пробы воздуха и полного их улавливания из измеренного объема воздуха. Отбор проб должен проводиться непосредственно в зоне дыхания работающего либо в пределах рабочей зоны при характерных производственных условиях.

На отдельных этапах технологического процесса в каждой точке должно быть отобрано не менее пяти последовательных проб.

Для отбора проб воздуха в качестве побудителей тяги могут быть использованы аспираторы, воздушные эжекторы, водоструйные насосы и другое оборудование.

Параметры, измеряемые при санитарно-гигиеническом обследовании производственных помещений приведены в таблице 1.

При проведении измерений параметров микроклимата необходимо соблюдать следующие требования:

- при равномерном распределении по площади производственного помещения источников тепловыделений точки измерения располагаются равномерно по всему помещению в соответствии с таблицей 2;
- при неравномерном распределении источников тепловыделения площадь рабочей зоны должна разбиваться на участки с различной теплота-

пряженностью («холодные» и «горячие» участки). Параметры микроклимата определяются отдельно в рабочей зоне каждого участка, площадь которого не должна превышать 150 м².

Т а б л и ц а 1 – Параметры, измеряемые при санитарно-гигиеническом обследовании

Параметр	Приборы для измерения параметра
Подвижность воздуха, м/с	Анемометры: крыльчатые, термоэлектрические
Температура по сухому термометру, °С: – наружного воздуха – воздуха на рабочем месте	Жидкостные термометры, психрометры
Температура по влажностному термометру, °С: – наружного воздуха – воздуха на рабочем месте	Психрометры
Относительная влажность воздуха, %	Психрометры, гигрометры
Температура нагретых поверхностей, °С	Контактные жидкостные термометры, термопары
Интенсивность теплового излучения, ккал/м ² ·ч	Актинометры

Температура, относительная влажность и подвижность воздуха в производственных помещениях должно измеряться для работ сидя на высоте 1 м, для работ стоя – 1,5 м над столом или площадкой, где находится рабочий. Подвижность воздуха при выполнении работ 1 категории тяжести, кроме того, измеряется на высоте 0,1 и 1,65 м от пола.

Т а б л и ц а 2 – Количество точек измерения параметров микроклимата

Площадь производственного помещения, м ²	Минимальное количество точек измерения
Менее 100	4
100–400	8
Более 400	9 (расстояние между точками не более 12 м)

Температуру и влажность наружного воздуха следует измерить на открытой территории с наветренной стороны здания на высоте 1–2 м над поверхностью земли. Расстояние между местом измерения и зданием должно быть не менее одной высоты и не более 4–5 высот здания.

При постоянном технологическом процессе и установившемся тепло-влажностном режиме в помещении минимальная продолжительность однодневного наблюдения при односменной работе должна составлять:

- в холодное время года – всю первую половину рабочего дня;
- в теплое время года – всю вторую половину рабочего дня.

При работе в несколько смен измерения проводятся в течение одних суток в теплый и холодный периоды года.

При колебаниях тепловой нагрузки в зависимости от технологического процесса измерения параметров микроклимата необходимо проводить во все периоды года при наибольших и наименьших величинах тепловой нагрузки в течение не менее двух дней не реже одного раза в час.

Измерение температур нагретых поверхностей и оборудования с целью проверки их соответствия требованиям допускается проводить выборочно.

При тепловом облучении рабочих мест интенсивность облучения следует измерять для работ сидя на высоте 1,0 м, для работ стоя – 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки, в направлении, перпендикулярном к источнику излучения.

В кондиционируемых помещениях измерения необходимо проводить в холодный и теплый периоды года в течение не менее одного дня с определением нормируемых параметров не менее 3 раз в день.

При измерении скоростей воздушных потоков в рабочей зоне и на рабочих местах, в приточных струях, в открытых рабочих приемах укрытий и местных воздухоприемных устройств, в воздуховодах, а также в транспортных, монтажных и аэрационных проемах следует использовать в диапазонах:

– 0,2–5 м/с – крыльчатые анемометры, либо термоэлектроанемометры;

– более 5 м/с – чашечные анемометры, пневмометрические трубки в комбинации с дифференциальными манометрами.

Измерения должны производиться приборами, снабженными графиками тарировки.

В процессе измерений крыльчатый анемометр должен устанавливаться так, чтобы ось рабочего колеса совпадала с направлением потока и показания счетчика увеличивались. Чашечный анемометр устанавливается так, чтобы ось рабочего колеса была перпендикулярна направлению потока.

Скорость воздуха в проемах площадью до 1 м² следует измерять путем медленного (порядка 5–10 см/с) зигзагообразного перемещения анемометра по площади проема. В проемах большей площади скорости воздуха измеряются также последовательным перемещением в центрах равновеликих площадей, на которые условно разбивается сечение проема.

Измерение скорости воздуха следует проводить не менее 2–3 раз, если расхождение результатов измерений превышает 5 %, то следует провести дополнительные замеры.

При измерении скоростей воздуха термоэлектроанемометрами в сильно пульсирующих потоках замеры следует проводить не менее 20 сек в каждой точке, фиксируя максимальное значение по шкале прибора.

Измерение скорости воздушных потоков в каналах или воздуховодах больших размеров может производиться с помощью анемометров. Выбор

измерительного сечения в канале и количество точек измерений производится так же, как и при измерениях пневмометрическими трубками.

Окончательный результат при измерении скорости воздушных потоков анемометрами вычисляется как среднее значение из n измерений.

$$v_{cp} = \sum v_i / n, \quad (8)$$

где v_i – величина скорости воздуха одного измерения, м/с.

Производительность вентиляционных систем, местных отсосов, аспирационных укрытий и т. д. определяется по формуле:

$$L = v_{cp} \cdot F \cdot 3600, \quad (9)$$

где v_{cp} – скорость, м/с;

F – площадь сечения проема, укрытия воздуховода, всасывающего отверстия, местного отсоса, щели, патрубка, канала и т. п., м².

При определении скорости воздушных потоков с помощью пневмометрических трубок средняя скорость в измеряемом сечении вычисляется

$$v_{cp} = \sqrt{2P_d / \rho}, \quad (10)$$

где ρ – плотность воздуха в измеряемом сечении, кг/м³;

При стандартных условиях ($\rho = 1,2$ кг/м³) формула (10) приобретает вид

$$v_{cp} = 1,29 \sqrt{P_d}, \quad (11)$$

где P_d – динамическое давление в измеряемом сечении, Па.

При условиях, отличающихся от нормальных, следует вычислять среднюю скорость по формуле:

$$v_{cp}^{факт} = \frac{101,325(273+t)}{293B} v_{cp}, \quad (12)$$

где t – температура воздуха в измеряемом сечении, °С;

B – атмосферное давление во время измерения, кПа.

Давление в воздуховодах измеряется микроманометрами или жидкостными U -образными манометрами в комплекте с пневмометрическими трубками.

Схемы присоединения пневмометрических трубок к микроманометру приведены на рисунке 19–21. Замер давлений проводят:

а) полное положительное (на нагнетании) – присоединением трубки полного давления «+» к штуцеру «+» резервуара микроманометра; штуцер «-» микроманометра остается открытым (рисунок 19, б);

б) полное отрицательное (на всасывании) – присоединением трубки полного давления «+» к штуцеру «-» микроманометра при открытом штуцере «+» (рисунок 19, а);

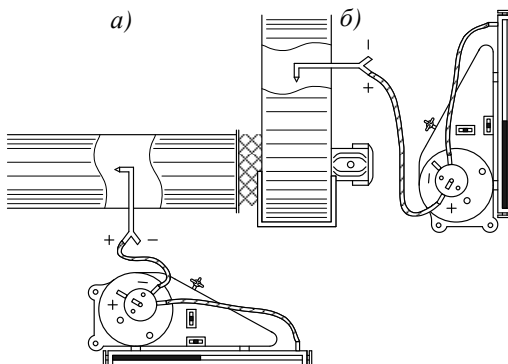


Рисунок 19 – Схема присоединения пневмометрических трубок к микроманометру для измерения полного давления в воздуховодах:
а – всасывающем; б – нагнетательном

в) статическое положительное (на нагнетании) – присоединением трубки статического давления «-» к штуцеру «+» резервуара микроманометра при открытом штуцере «-» (рисунок 20, б);

г) статическое отрицательное (на всасывании) – присоединением трубки статического давления «-» к штуцеру «-» трубки микроманометра при открытом штуцере «+» (рисунок 20, а);

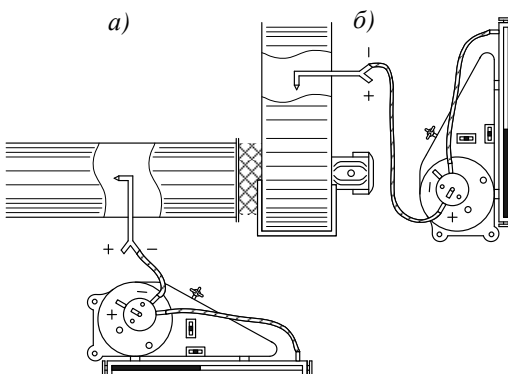


Рисунок 20 – Схема присоединения пневмометрических трубок к микроманометру для измерения статического давления в воздуховодах:
а – всасывающем; б – нагнетательном

д) динамическое (на нагнетании и на всасывании) – присоединением трубки полного давления «+» к штуцеру «+» резервуара микроманометра, а трубки статического давления «-» – к штуцеру «-» трубки микроманометра (рисунок 21).

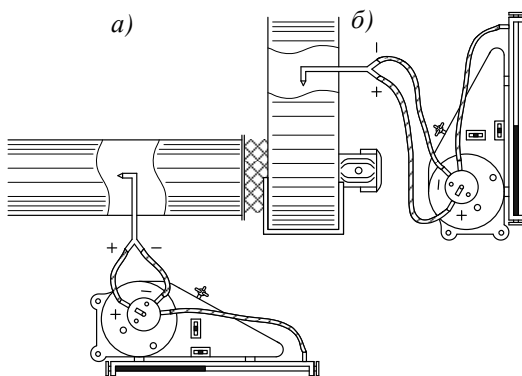


Рисунок 21 – Схема присоединения пневмометрических трубок к микроманометру для измерения динамического давления в воздуховодах:

a – всасывающем; *б* – нагнетательном

Пневмометрическую трубку во всех случаях вводят в воздуховод открытым концом навстречу потоку воздуха.

Для измерения давлений и скоростей движения воздуха в воздуховодах (каналах) необходимо выбрать участки с расположением мерных сечений на расстояниях не менее шести гидравлических диаметров D_h , м за местом возмущения потока (отводы, шиберы, диафрагмы и т. п.) и не менее двух гидравлических диаметров перед ним.

Гидравлический диаметр определяется по формуле

$$D_h = \frac{4F}{\Pi},$$

где F , м² и Π , м, соответственно, площадь и периметр сечения.

Координаты точек измерений давлений и скоростей, а также количество точек определяются формой и размерами мерного сечения по рисункам 22 и 23. Максимальное отклонение координат точек измерений от указанных на чертежах не должно превышать $\pm 10\%$. Количество измерений в каждой точке должно быть не менее трех.

Замеры давлений желательно производить на прямом участке, находящемся на расстоянии 4–5 калибров воздуховода после местного сопротивления и не менее 2 калибров до следующего по движению воздуха местного сопротивления.

Пневмометрическую трубку, установленную открытым концом навстречу потоку воздуха, перемещают от ближайшей стенки воздуховода вдоль каждой оси до противоположной стенки воздуховода, останавливая через равные отрезки в зависимости от необходимого количества точек замеров (таблица 3).

Т а б л и ц а 3 – Количество точек измерения давлений в воздуховоде

Диаметр круглого воздуховода или размер стороны прямоугольного воздуховода, мм	Число точек замеров	Диаметр круглого воздуховода или размер стороны прямоугольного воздуховода, мм	Число точек замеров
До 350	6	600–700	12
350–400	8	700–800	14
400–500	9	800–900	15
500–600	10	900–1000	16

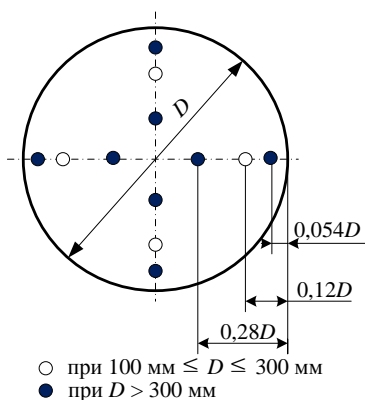


Рисунок 22 – Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах цилиндрического сечения

Минимальные значения скоростей воздушных потоков, измеряемые с помощью микроанометров, составляют:

- для *U*-образного манометра 7–8 м/с;
- микроанометра ЦАГИ – 4 м/с;
- микроанометра ММН – 3 м/с.

Для скоростей меньших значений точность измерения резко падает и в этих случаях следует применять другие методы измерения (например, крыльчатые анемометры и др.).

При использовании *U*-образных манометров необходимо соблюдать следующие требования:

- внутренний диаметр трубок манометра не должен быть менее 5 мм;
- манометр должен находиться в вертикальном положении;
- отсчет показаний должен производиться по нижней границе менисков жидкости.

Жидкостные чашечные однотрубные многопредельные микроанометры с наклонной трубкой типа ММН 240 и АБ (ЦАГИ) применяются для измерения давлений соответственно до 2,4 и 1,6 кПа (240 и 160 кгс/м²).

В микроанометры должен заливаться спирт с удельным весом 0,81 г/см³; перед заливкой прибора необходимо очистить спирт от механических примесей.

Начальное положение должно быть установлено поршнем на нулевую отметку; в микроманометрах типа АБ начальное показание должно быть зафиксировано в протоколе измерений.

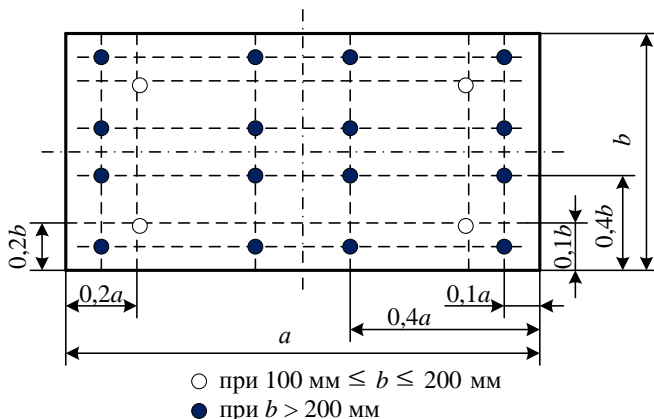


Рисунок 23 – Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах прямоугольного сечения

Работа с микроманометром типа ММН производится следующим образом.

Прибор с помощью регулировочных винтов устанавливают в строго горизонтальном положении. Кронштейн с измерительной трубкой устанавливают в крайнее верхнее положение с наклоном 0,8. Поворачивая пробку трехходового крана против часовой стрелки до упора, через заливочную пробку наливают в микроманометр этиловый спирт так, чтобы уровень его в измерительной трубке установился приблизительно против нулевого деления и закручивают пробку до отказа. Для четкой видимости мениска этиловый спирт окрашивают метиловым красным индикатором (метиловым) в количестве 0,05 г на 1 л спирта.

На штуцер трехходового крана надевают отрезок резиновой трубки и, поставив кран (поворотом по часовой стрелке до упора) в рабочее положение, поднимают путем подсоса уровень спирта в измерительной трубке примерно до конца шкалы, чтобы убедиться в отсутствии воздушных пробок в столбике спирта. При обнаружении воздушных пробок их необходимо удалить вместе со спиртом в резервуар, после чего следует повернуть кран против часовой стрелки до упора, переставить кронштейн с измерительной трубкой на требуемый угол наклона и с помощью регулятора нулевого положения мениска подвести мениск спиртового столбика к нулевой отметке шкалы. Затем прибор соединяют с объектом измерения; проверяя уровни, поворачивают кран по часовой стрелке до упора и производят отсчеты.

Так как длина шкалы измерительной трубки равна 250 мм, то пределы измерения при указанных наклонах составляют соответственно 50, 75, 100, 150 и 200 мм водн. ст.

Вычисление численных значений динамических давлений следует производить по формулам:

а) для микроманометров типа ММН:

$$P = 9,8067 H_{\text{отсч}} c \sin \alpha \rho_{\text{ж}}, \quad (13)$$

где P – истинное давление, Па;

9,8067 – коэффициент перевода мм вод. ст. в Па;

c – тарировочный коэффициент;

$\sin \alpha$ – угол наклона трубки микроманометра;

$\rho_{\text{ж}}$ – удельный вес спирта, $\rho = 0,81 \text{ г/см}^3$;

б) для микроманометров типа ЦАГИ:

$$P = (h - h_0) \rho_{\text{ж}} \sin \alpha K, \quad (14)$$

где h – длина столбика спирта в мм;

h_0 – начальный отсчет столбика спирта, мм;

K – тарировочный коэффициент, приведенный в паспорте прибора.

В случаях, когда показания микроманометра отличаются друг от друга не более чем в два раза, усредненная величина динамического давления вычисляется как среднее арифметическое из n точек в измеряемом сечении:

$$P_{\text{дин}} = \frac{\sum P_{\text{дин}i}}{n},$$

где $P_{\text{дин}i}$ – динамическое давление, измеренное в точке i .

3.2 Проверка работы вентилятора в сети

Аэродинамические параметры вентилятора зависят от его характеристики и характеристики сети, на которую он работает.

Под характеристикой сети подразумевают зависимость сопротивления P от расхода проходящего по ней воздуха L .

Характеристика вентилятора представляет собой зависимость полного давления $P_{\text{полн}}$, развиваемого вентилятором, потребляемой им мощности N и коэффициента полезного действия η от его подачи L при постоянной частоте вращения рабочего колеса n . На рисунке 24 приведена характеристика вентилятора среднего давления типа Ц4-70 № 3 при различных частотах вращения n . Параметры работы вентилятора определяются на пересечении характеристики сети с характеристикой вентилятора. С изменением частоты вращения n при работе на одну и ту же сеть рабочая точка будет перемещаться по линии КПД.

Для определения фактического режима работы вентилятора снимают его фактическую характеристику и сравнивают ее с каталожными данными.

Частота вращения колеса вентилятора определяется тахометром.

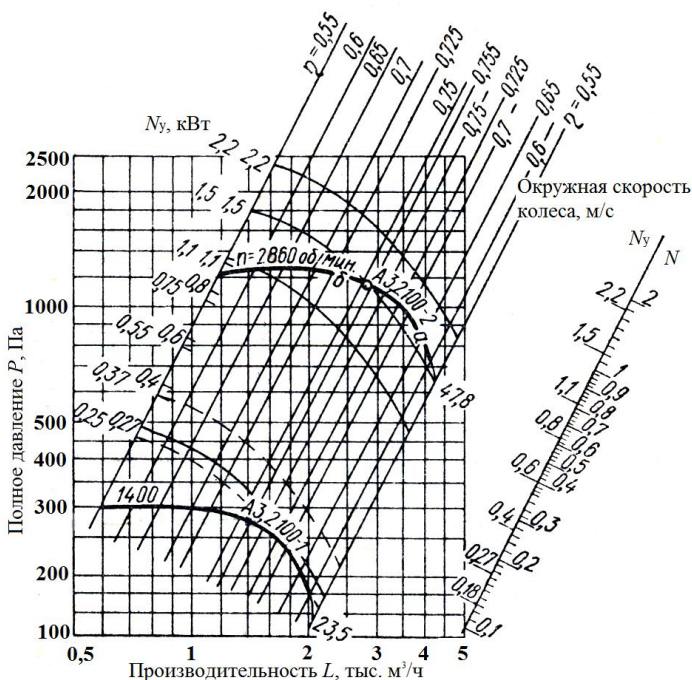


Рисунок 24 – Характеристика вентилятора среднего давления типа Ц4-70 № 3

Для проверки паспортного значения давления, развиваемого вентилятором, следует измерить полное и статическое давления в воздуховодах до и после вентилятора в соответствии со схемой присоединения пневмометрической трубки к микроманометру при измерении этих давлений. Место измерения $P_{\text{полн}}$ и $P_{\text{ст}}$ давлений следует выбирать на прямых участках воздуховодов до вентилятора на расстоянии одного диаметра, после вентилятора – не менее 5 диаметров от нагнетательного отверстия.

Развиваемый вентилятором напор складывается из суммы полных давлений до и после вентилятора

$$P = P_{\text{полн}}^I + P_{\text{полн}}^{II} \quad (15)$$

Для контроля правильности измерения полного давления следует в каждом измеряемом сечении проверять численное равенство

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}$$

Полученную величину давления (Па), развиваемого вентилятором, приводят к стандартным условиям для удобства сопоставления с каталожными данными вентилятора

$$P_{\text{факт}} = \frac{101,325(273+t)}{293B}. \quad (16)$$

Полученные результаты наносят на график каталожной характеристики вентилятора (рисунок 25).

В паспорте вентиляционных установок записывают фактические результаты испытаний. Если точка, определяемая фактической подачей $L_{\text{ф}}$ и фактическим полным давлением $P_{\text{ф}}$, совпадает с кривой каталожной характеристики, построенной для замеренной частоты вращения n , вентилятор считают соответствующим каталожным данным (рисунок 25). При этом фактическая подача может не соответствовать проектной.

Если точка, определяемая фактической производительностью и фактическим полным давлением, окажется ниже кривой каталожной характеристики, вентилятор не соответствует каталожным данным (рисунок 25).

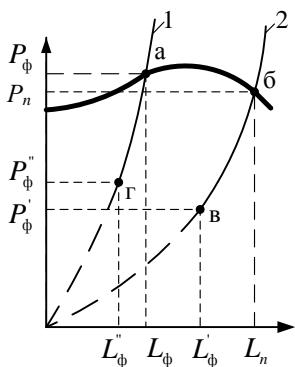


Рисунок 25 – Фактический режим работы вентилятора:

a – точка, характеризующая фактический режим работы вентилятора, соответствующего каталожной характеристике; b – точка, характеризующая проектный режим работы вентилятора; z – точки, характеризующие фактический режим работы вентилятора, не соответствующего каталожной характеристике; 1 – характеристика сети фактическая; 2 – характеристика сети проектная

При таком положении необходимо проверить, соответствует ли фактическая аэродинамическая схема вентилятора каталожной, и соответствуют ли условия входа воздушного потока в патрубок вентилятора условиям входа при составлении каталожной характеристики вентилятора. В тех случаях, когда фактический режим работы вентилятора определяется точкой «з» (рисунок 25), то помимо дефектов в вентиляторе имеется несоответствие фактической характеристики сети воздухопроводов проектной и, следовательно, необходимо одновременно принять меры к выявлению и устранению неисправностей сети.

В соответствии с ГОСТ 5976-90 отклонение от каталожной характеристики по величине полного давления допускается в пределах $\pm 5\%$.

Основные причины, приводящие к снижению развиваемого вентилятором давления при определенной частоте его вращения, и рекомендации по их устранению приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Причины и рекомендации по устранению неисправностей в работе вентиляторов

Причина неисправности	Способ устранения неисправности
1 Зазор между всасывающим конусом и колесом вентилятора превышает допустимую величину (1–1,5 % диаметра колеса)	Заменить всасывающий конус большим по высоте или к установленному конусу приварить дополнительный
2 Большой прогиб в мягкой вставке на входе в вентилятор	Вставить в мягкую вставку двойное распорное кольцо из стальной проволоки диаметром 2–3 мм
3 Перекос в мягких вставках	Установить вставки без перекоса
4 Отложение солей или грязи на лопатках колеса и в кожухе вентилятора	Очистить от загрязнений и принять меры по улавливанию загрязняющих веществ
5 Отвод расположен вблизи всасывающего патрубка вентилятора	Установить вентилятор так, чтобы прямой участок перед патрубком был длиной не менее 4 калибров, или установить в отвод направляющие лопатки
6 Вмятины и неплотности в кожухе вентилятора	Вывернуть вмятины и устранить неплотности
7 Вращение колеса в обратном направлении	Переключить провода у электродвигателя, поменяв два любых провода в трехфазной подводке

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1 Проведение измерений

1 Ознакомиться с испытательным стендом, представляющим собой вытяжную механическую вентиляционную установку.

2 Подготовить измерительные приборы (микроманометр, пневмометрическую трубку, тахометр, анемометр, секундомер).

3 Включить электродвигатель вентилятора.

4 Замерить полное, статическое и динамическое давления в сечениях А и Б. Замеры давлений производить по методике, описанной в разделе 3.1. В лабораторных условиях измерения делать в сечениях А и Б в трех точках по каждому сечению последовательно для всех трех видов давлений. Результаты замеров свести в протокол технического испытания вентиляционной установки.

5 Замерить число оборотов вентилятора и электродвигателя. В лабораторной установке замеряется частота вращения электродвигателя, что соот-

ветствует частоте вращения колеса вентилятора, так как в данном случае вентилятор находится на одном валу с электродвигателем. Замер производится при помощи тахометра.

6 Результаты замеров сопоставить с паспортными данными.

4.2 Обработка исходных данных

После производства измерений и получения для каждой точки величин полного, статического и динамического давлений определить средние истинные значения для сечений по каждому виду давлений по формуле (13).

В соответствии с полученными значениями P_d для сечения А и Б определить скорости движения воздуха по формуле (11).

Зная скорости v_A и v_B , найти часовой расход воздуха L_A и L_B по формуле (9). Количество воздуха проходящего через вентилятор на всасывании L_A и на нагнетании L_B , должно быть одинаковым (расхождение допускается не более 5 %).

За окончательную величину подачи вентилятора принять среднее значение

$$L_{\text{вент}} = \frac{L_A + L_B}{2}. \quad (16)$$

По замерам полных давлений у фланцевых соединений всасывающего и выхлопного патрубков вентилятора, пользуясь формулой (15), определить полное давление, развиваемое вентилятором.

Определить кратность воздухообмена в помещении лаборатории (объем помещения ($V_{\text{пом}} = 300 \text{ м}^3$)).

Кратность воздухообмена (ч^{-1}) определить по формуле

$$k = \frac{L_{\text{вент}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (17)$$

где $L_{\text{вент}}$ – объем удаляемого из помещения воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$V_{\text{пом}}$ – строительный объем помещения, м^3 .

Результаты испытания оформить протоколом (приложение В).

Пользуясь аэродинамической характеристикой вентилятора (рисунок 24), сравнить полученные в результате аэродинамических испытаний параметры с каталожными и дать оценку эффективности и экономичности работы вентилятора.

В случае отклонения от каталожной характеристики по величине полного давления более чем на $\pm 5\%$, выяснить причины отклонения и дать рекомендации по их устранению.

Содержание отчета

- 1 Описание методики и расчетные формулы.
- 2 Описание приборов, принципа их действия и схем.
- 3 Заполнение протокола испытаний по результатам исследования.
- 4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Промышленная вентиляция, ее виды и основные элементы.
- 2 Назначение промышленной вентиляции.
- 3 На какие виды подразделяются системы местной вентиляции?
- 4 Работы, производимые при технических и санитарно-гигиенических испытаниях вентиляционных систем.
- 5 Приборы и оборудование, применяемые при технических и санитарно-гигиенических испытаниях.
- 6 Определение динамического, статического и полного давлений воздуха в воздуховоде.
- 7 Определение кратности воздухообмена.
- 8 Основные пункты протокола технического испытания вентиляционных систем.
- 9 Оценка эффективности и экономичности работы вентилятора в сети.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

**ПЛОТНОСТЬ ВОЗДУХА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ
И НОРМАЛЬНОМ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ**

$t, ^\circ\text{C}$	Плотность воздуха, кг/м^3	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность воздуха, кг/м^3	$t, ^\circ\text{C}$	Плотность воздуха, кг/м^3
-20	1,396	12	1,230	27	1,176
-15	1,368	14	1,230	29	1,168
-10	1,342	15	1,226	30	1,163
-8	1,332	16	1,222	32	1,157
-6	1,322	17	1,217	34	1,150
-4	1,312	18	1,213	36	1,142
-2	1,303	19	1,209	38	1,135
± 0	1,293	20	1,205	40	1,128
2	1,284	21	1,204	50	1,098
4	1,275	22	1,197	60	1,060
6	1,265	23	1,192	70	1,029
8	1,256	24	1,190	80	1,000
10	1,248	25	1,186		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЕДИНИЦАМИ ДАВЛЕНИЯ

Единица	Па	бар	мм вод. ст.	мм рт. ст.	дин/см ²	кгс/см ²
Паскаль	1	10^{-5}	0,102	$7,502 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$	10	$1,02 \cdot 10^{-5}$
Бар	10^5	1	$1,02 \cdot 10^4$	$7,502 \cdot 4 \cdot 10^2$	10^6	1,02
Миллиметр водяного столба	9,8067	$9,8067 \cdot 10^{-5}$	1	$7,35 \cdot 10^{-2}$	98,1	10^{-4}
Миллиметр ртутного столба	$1,33 \cdot 10^2$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	13,6	1	$1,33 \cdot 10^3$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
Дина на квадратный сантиметр	0,1	10^{-6}	$1,02 \cdot 10^{-2}$	$7,50 \cdot 10^{-4}$	1	$1,02 \cdot 10^{-6}$
Килограмм-сила на квадратный сантиметр	$9,8067 \cdot 10^4$	$0,98067 \cdot 10^4$	10^4	$7,35 \cdot 10^2$	$9,81 \cdot 10^5$	1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ

технического испытания вентиляционной установки

Дата _____

1 Испытания проводил _____
(Ф.И.О.)

2 Схема вентиляционной установки с обозначением точек технических замеров

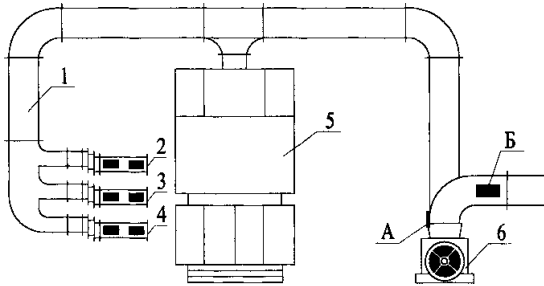


Рисунок В.1 – Схема вытяжной вентиляционной установки:

1 – всасывающий воздуховод квадратного сечения 240×240 мм; 2, 3, 4 – воздухозаборные трубы диаметром соответственно 200, 150 и 100 мм; 5 – вытяжной шкаф; 6 – вентилятор с электродвигателем; 7 – нагнетательный воздуховод квадратного сечения 240×240 мм;
А и Б – точки технических замеров

3 Приборы, применявшиеся при испытании _____

4 Протокол технических испытаний вентиляционной установки:

Место замера	Номер точки на схеме	Давление, Па.			Средняя скорость, м/с	Площадь сечения, м ²	Расход воздуха, м ³ /ч
		полное	динамическое	статическое			

5 Производительность вентиляционной установки, м³/ч _____

6 Полное давление, развиваемое вентилятором, Па _____

7 Кратность воздухообмена в помещении лаборатории, ч⁻¹ _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

ФОРМА ПАСПОРТА ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

(наименование ведомства,

наладочной организации)

**ПАСПОРТ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
(СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА)**

Объект _____

Зона (цех) _____

А. Общие данные

1 Назначение системы _____

2 Местонахождение оборудования системы _____

Б. Основные технические характеристики оборудования системы

1 Вентилятор

Данные	Тип	№	Диаметр колеса D _{ном} , мм	Подача, м ³ /ч	Полное давление, Па	Диаметр шкива, мм	Частота вращения, мин ⁻¹
По проекту							
Фактически							

Примечания _____

2 Электродвигатель

Данные	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Диаметр шкива, мм	Вид передачи
По проекту					
Фактически					

Примечания _____

3 Воздухонагреватели, воздухоохладители, в том числе зональные

Данные	Тип или модель	Число	Схема		Вид и параметры теплоносителя	Опробование теплообменников на рабочее давление (выполнено, не выполнено)
			обвязки по теплоносителю	расположения по воздуху		
По проекту						
Фактически						

Примечания _____

4 Пылезадулавлывающие устройства

Данные	Наименование	№	Число	Расход воздуха, м ³ /ч	% подсоса (выбивания)	Сопротивление, Па
По проекту						
Фактически						

Примечания _____

5 Увлажнитель воздуха

Данные	Насос				Электродвигатель			Характеристика увлажнителя
	тип	подача, мг/ч	давление перед форсунками, кПа	частота вращения, мин ⁻¹	тип	мощность, кВт	частота вращения, мин ⁻¹	
По проекту								
Фактически								

Примечания _____

В. Расходы воздуха по помещениям (по сети)

Номер мерного сечения	Наименование помещений	Расход воздуха, м ³ /ч		Невязка, % (отклонения показателей)
		фактически	по проекту	

Схема вентиляционной установки (кондиционирования воздуха)

Примечание. Указываются выявленные отклонения от проекта (рабочего проекта) и их согласование с проектной организацией или устранение

Представитель заказчика (пусконаладочной организации) _____
(подпись, инициалы, фамилия)

Представитель проектной организации _____
(подпись, инициалы, фамилия)

Представитель монтажной организации _____
(подпись, инициалы, фамилия)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Безопасность производственных процессов: справ. / под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1973. – 302 с.
- 2 **Дроздов, В. Ф.** Отопление и вентиляция. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция / В. Ф. Дроздов. – М. : Высш. шк., 1984. – 263 с.
- 3 **ГОСТ 12.1.005–88.** ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 23 с.
- 4 **ГОСТ 5976–90.** Вентиляторы радиальные общего назначения. Общие технические условия. – Введ. 1992–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.
- 5 Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
- 6 Охрана труда на железнодорожном транспорте / под ред. Ю. Г. Сибарова. – М. : Транспорт, 1981. – 287 с.
- 7 **СанПиН 2.2.1.13–5–2006.** Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий : утв. пост. главного гос. сан. врача Респ. Беларусь от 03 апр. 2006 г. № 40.– Введ. 2006–07–04. – Минск, 2006. – 52 с.
- 8 **СанПиН от 30.04.2013 г. № 33.** Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 30.04.2013 г. № 33. Введ. 2013–05–15. – Минск, 2013. – 11 с.
- 9 Справочник проектировщика. Внутренние сантехнические устройства. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И. Г. Старовойта. – М. : Стройиздат, 1978. – 502 с.
- 10 **Методические указания.** Санитарно-гигиенический контроль систем вентиляции производственных помещений : утв. пост. главного гос. сан. врача СССР от 05.09.1987 г. № 4425-87.– Введ. 1988–01–01. – Москва, 1987. – 20 с.
- 11 **Челноков, А. А.** Охрана труда / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – 3-е изд. испр. – Минск : Выш. шк., 2006. – 463 с.
- 12 **Шатило, С. Н.** Основы проектирования механической вентиляции: метод. указания по дипломному проектированию и самостоятельной работе по охране труда / С. Н. Шатило. – Гомель : БелГУТ, 1994. – 52 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Основные положения	3
1.1 Общие сведения.....	3
1.2 Требования безопасности при выполнении лабораторной работы.....	5
1.3 Классификация систем вентиляции.....	5
1.3.1 Естественная вентиляция.....	5
1.3.2 Механическая вентиляция.....	9
1.4 Теоретические основы определения параметров работы вентиляционных систем.....	13
2 Типы и назначение испытаний вентиляционных систем. Приборы для проведения испытаний	16
2.1 Приборы для проведения испытаний вентиляционных систем.....	18
2.1.1 Приемники давлений.....	18
2.1.2 Регистраторы давлений.....	19
2.1.3 Приборы для измерения скорости движения воздуха.....	22
2.1.4 Приборы для измерения частоты вращения.....	23
3 Оценка санитарно-гигиенической эффективности работы вентиляционных систем	24
3.1 Параметры, измеряемые при санитарно-гигиеническом обследовании производственных помещений. Методы измерений.....	26
3.2 Проверка работы вентилятора в сети.....	34
4 Порядок выполнения лабораторной работы	37
4.1 Проведение измерений.....	37
4.2 Обработка исходных данных.....	38
Контрольные вопросы	39
Приложение А Плотность воздуха при различных температурах и нормальном атмосферном давлении.....	40
Приложение Б Соотношение между единицами давления.....	41
Приложение В Протокол технического испытания вентиляционной установки.....	42
Приложение Г Форма паспорта вентиляционной установки.....	43
Список литературы	45

Учебное издание

*ШАТИЛО Сергей Николаевич
ДОРОШКО Сергей Владимирович
КАРПЕНКО Валерий Владимирович
ИВЛЕВА Татьяна Викторовна*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы

Редактор Н. Г. Ш е м е т к о в а
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Компьютерный набор и верстка – Н. А. Ч е р н ы ш о в а

Подписано в печать 10.09.2015 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,62. Тираж 450 экз.
Зак. № Изд. № 70

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель.