

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*Методические указания к лабораторной работе № 8
для студентов всех специальностей и слушателей Института
повышения квалификации и переподготовки кадров*

Горки
БГСХА
2021

УДК 614.8:697.9(072)

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 5 от 27 января 2020 г.*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Босак*;
кандидат технических наук, доцент *А. Е. Кондраль*;
старший преподаватель *М. П. Акулич*;
кандидат технических наук, доцент *А. Н. Кудрявцев*;
кандидат технических наук, доцент *А. С. Алексеенко*

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *С. И. Козлов*

Проверка эффективности вентиляции производственных помещений : методические указания к лабораторной работе № 8 / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 23 с.

В методических указаниях изложены назначение и классификация вентиляционных систем, методы проверки эффективности вентиляции. Представлены критерии оценки и целесообразности применения той или иной системы вентиляции, приведены описание и принцип действия приборов для проверки эффективности вентиляции. В процессе выполнения работы студенты получают практические навыки по проверке эффективности вентиляции, учатся пользоваться приборами, проводить соответствующие измерения и делать заключения о работоспособности вентиляции.

Для студентов всех специальностей и слушателей Института повышения квалификации и переподготовки кадров.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2021

Цели работы.

1. Изучить назначение и классификацию вентиляционных систем.
2. Изучить методы проверки эффективности вентиляции.
3. Получить практические навыки по проверке эффективности вентиляции.

Задания.

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Изучить информацию о преимуществах и недостатках вентиляционных систем.
3. Изучить правила пользования приборами, применяемыми в лабораторной работе.
4. Провести соответствующие измерения и заполнить соответствующие таблицы.
5. Сделать заключение о работоспособности вентиляции.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В сельскохозяйственном производстве многие технологические процессы связаны с выделением пыли, газов, паров, избыточного тепла и влаги. Одним из наиболее эффективных мероприятий по оздоровлению воздушной среды является вентиляция производственных помещений. Вентиляция, являясь средством оздоровления труда, нуждается в систематическом уходе и контроле за ее состоянием и эксплуатацией.

Приступая к выполнению работы, следует обратить особое внимание на то, что главная задача испытаний вентиляционных установок – определить способность вентиляционной системы поддерживать санитарно-гигиенические параметры воздуха в помещении или на рабочем месте в соответствии с нормами. В свою очередь, способность вентиляционных систем поддерживать нормируемые параметры воздуха оценивается в результате проведения санитарно-гигиенического обследования и технического испытания вентиляционной установки.

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.

Рационально спроектированные и правильно эксплуатируемые вентиляционные системы способствуют улучшению самочувствия работающих и повышению производительности труда.

Системы вентиляции классифицируют следующим образом:

- по способу создания давления и перемещения воздуха;
- назначению;
- способу организации воздухообмена;
- конструктивному исполнению.

По способу создания давления и перемещения воздуха система вентиляции может быть *естественная* (гравитационная), *искусственная* (с механическим побуждением) или *гибридная*.

Естественная вентиляция создается без применения электрооборудования (вентиляторов, электродвигателей) и происходит вследствие естественных факторов – разности температур воздуха, изменения давления в зависимости от высоты, ветрового давления. Достоинствами естественных систем являются дешевизна устройства вентиляции, простота монтажа и надежность, вызванная отсутствием электрооборудования и движущихся частей. Благодаря этому, такие системы широко применяются при строительстве жилья и представляют собой вертикальные вентиляционные короба, расположенные, как правило, в зоне кухни или коридора. Обратной стороной дешевизны естественных систем вентиляции является зависимость их эффективности от внешних факторов – температуры воздуха, направления и скорости ветра, качества исполнения каналов и т. д. Кроме этого такие системы в принципе нерегулируемы и с их помощью не удастся решить многие задачи в области вентиляции. Естественная вентиляция может осуществляться посредством аэрации или через вытяжные каналы и шахты.

Аэрация – организованный управляемый воздухообмен за счет естественных природных сил (ветрового и теплового напоров). Аэрацию применяют для вентиляции производственных помещений большого объема, в которых применение механической вентиляции в целом для всего помещения потребует больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Искусственная, или механическая, вентиляция применяется там, где недостаточно естественной. В механических системах используется оборудование и приборы (вентиляторы, фильтры, воздухонагреватели и т. д.), позволяющие перемещать, очищать и нагревать воздух. Такие системы вентиляции могут удалять или подавать воздух в вентилируемые помещения независимо от условий окружающей среды. На практике в квартирах и офисах необходимо использовать именно искусственную или гибридную систему вентиляции, поскольку только она может гарантировать создание комфортных условий.

Гибридная вентиляция представляет собой естественную вытяжную вентиляцию с механическим или иным побуждением. Используют вентиляторы, эжекторы, дефлекторы, подогреватели каналов, флюгарки, решетки. Большую часть времени гибридная вентиляция работает, как естественная, побуждение включается лишь в моменты пиковых нагрузок или при отсутствии тяги в канале.

По назначению система вентиляции может быть *приточной, вытяжной* или *приточно-вытяжной*.

Приточную вентиляцию применяют в производственных помещениях со значительным выделением теплоты при малой концентрации вредных веществ в воздухе, а также для усиления воздушного подпора в помещениях с локальным выделением вредных веществ при наличии систем местной вытяжной вентиляции. Это позволяет предотвратить распространение таких веществ по всему объему помещения.

Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объему помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена.

Приточно-вытяжную вентиляцию применяют при значительном выделении вредных веществ в воздух помещений, в которых необходимо обеспечить особо надежный воздухообмен с повышенной кратностью (рис. 1).

По способу организации воздухообмена система вентиляции может быть *общеобменной, местной, аварийной* и *противодымной*.

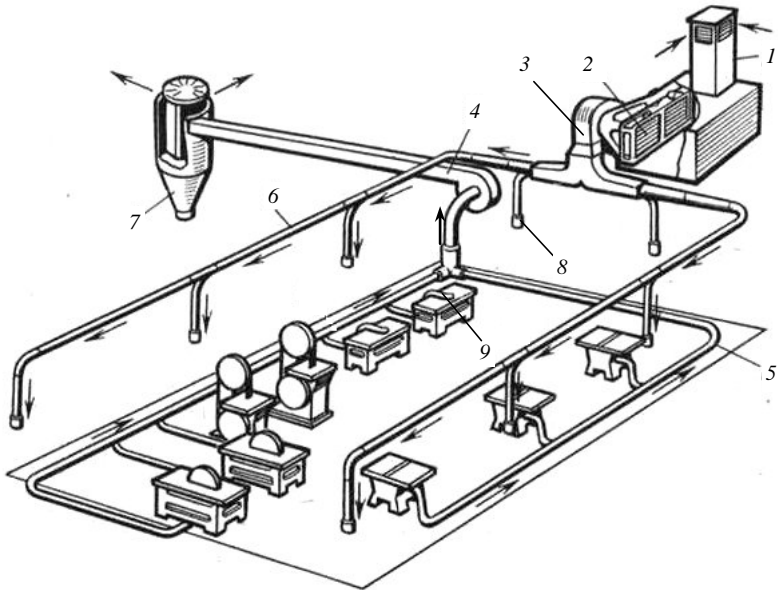
При общеобменной вентиляции происходит обмен воздуха во всем помещении, она применяется тогда, когда нарушения санитарно-гигиенических норм воздушной среды незначительны и наблюдаются по всему объему помещения.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают в местах значительного выделения газов, паров, пыли, аэрозолей. Такая вентиляция предотвращает попадание опасных и вредных веществ в воздух производственных помещений.

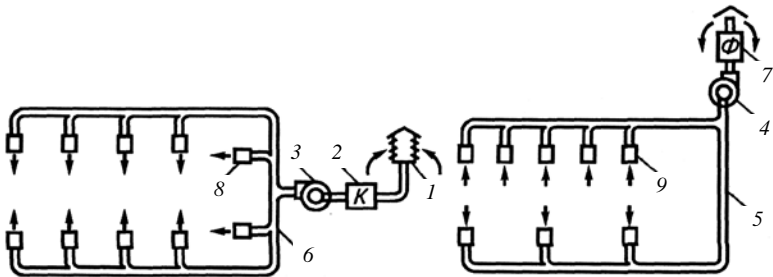
Местную вытяжную вентиляцию следует применять на газо- и электросварочных постах, металлорежущих и заточных станках, в кузнечных и аккумуляторных цехах, на постах технического обслуживания, в помещениях у мест пуска автомобилей и тракторов.

Аварийная система вентиляции устанавливается в помещениях, где возможен неожиданный выброс чрезвычайно опасных вредных веществ в количествах, значительно превышающих ПДК, с целью их быстрого удаления. Аварийная вентиляция необходима для удаления

газа в помещениях с газовым пожаротушением, для удаления газа после работы системы.



a



б

в

Рис. 1. Механическая приточно-вытяжная вентиляция:

a – общий вид; *б* – схема работы приточной части системы вентиляции;

в – схема работы вытяжной части системы вентиляции;

1 – воздухоприемное устройство; *2* – калорифер; *3, 4* – приточный

и вытяжной вентиляторы; *5, 6* – вытяжные и приточные воздуховоды;

7 – фильтр (пылеуловитель); *8, 9* – приточные и вытяжные вентиляционные насадки

Противодымная система вентиляции устанавливается в производственных зданиях, где применяются технологии с повышенной пожароопасностью, и служит для обеспечения эвакуации людей. С помощью этой системы подается необходимое количество воздуха, препятствующего распространению дыма в помещении. Система работает в начальной стадии пожара.

По конструктивному исполнению система вентиляции может быть *канальной и бесканальной*.

Канальные системы вентиляции имеют сеть воздуховодов для перемещения воздуха.

При бесканальной системе вентилятор устанавливают в стене, перекрытии.

Контроль за вентиляцией в организациях осуществляется инженерной службой, инженером по охране труда при постоянном участии профсоюзных комитетов и общественных инспекторов.

Задачей контролирующих органов является оценка состояния воздушной среды и эффективности вентиляции с точки зрения обеспечения ею требуемых законодательством уровней температуры и влажности, снижения содержания вредных веществ до предельно допустимых концентраций.

Состояние воздушной среды на рабочих местах является интегральным показателем при оценке вентиляции, но в ряде случаев возникает необходимость в проверке эффективности отдельных ее элементов с целью обоснования оздоровительных мероприятий. Подобная необходимость может возникнуть при расследовании случаев отравлений, изменениях в технологии, реконструкции вентиляционных систем и отдельных элементов и т. п. Перед тем как приступить к обследованию вентиляционной установки, необходимо ознакомиться с технологическим процессом, установить объем помещения и число работающих в нем лиц. При этом выясняется, какие вредные вещества постоянно или периодически, локализованно или рассеянно поступают в производственную среду. На основании этого оценивается целесообразность избранной системы вентиляции.

Причинами неудовлетворительной работы вентиляции могут быть: недостаточный воздухообмен, предусмотренный проектом; подача загрязненного приточного воздуха или вторичное пылеобразование при его подаче в нижнюю зону; недостаточные скорости отсоса в вытяжных устройствах, их конструктивные дефекты; неисправность воздуховодов (нарушение целостности, накопление пыли и др.); неудовлетворительная эксплуатация пылеочистных установок для очистки

загрязненного воздуха; неправильное расположение зоны выброса; нарушение соотношения объема притока и вытяжки воздуха и др.

Поэтому при обследовании вентиляции подлежат оценке: расположение мест забора приточного и выброса отработанного воздуха; состояние устройств для очистки и подогрева приточного воздуха; расположение приточных и вытяжных отверстий в помещении; скорости движения воздуха в каналах; вид местных приточных устройств, а также скорости и температуры подаваемого ими воздуха; воздухообмен по притоку и вытяжке; воздушный баланс в помещении.

При оценке вентиляции наряду с показателями воздушной среды (температура, влажность, концентрации токсических веществ и пыли) иногда необходимы дополнительный опрос работающих и даже физиологические наблюдения (например, для оценки состояния теплорегуляции).

1.1. Нормирование исследуемых параметров

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо выполнять техническое испытание вентиляционных систем. При проведении технического испытания вентиляционной установки определяют ее производительность (L , м³/ч) и сравнивают с расчетной.

Расчетная производительность вентиляционной установки (необходимый воздухообмен) определяется в зависимости от вида и количества выделяющихся в помещении вредных веществ.

При выделении газов, паров, пыли воздухообмен (L , м³/ч) определяют по формуле

$$L = \frac{G}{g_{\text{доп}} - g_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где G – скорость выделения вредных веществ, мг/ч;

$g_{\text{доп}}$ – предельно допустимая концентрация данного вредного вещества, мг/м³;

$g_{\text{пр}}$ – концентрация этого вещества в приточном воздухе, мг/м³.

При выделении влаги воздухообмен определяют по формуле

$$L = \frac{G_{\text{вп}}}{\rho(d_{\text{выг}} - d_{\text{пр}})}, \quad (2)$$

где $G_{\text{вп}}$ – скорость поступления водяных паров в помещение, г/ч;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 $d_{\text{выт}}, d_{\text{пр}}$ – содержание влаги в удаляемом и приточном воздухе, г/кг.
 Воздухообмен при избытке тепла определяют по формуле

$$L = \frac{3600Q_{\text{изб}}}{c\rho(T_{\text{у}} - T_{\text{пр}})}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{изб}}$ – избыточная теплота, поступающая в помещение и обуславливающая нагрев воздуха в нем, Дж/с;
 c – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг · К);
 ρ – плотность воздуха при 293 °К, кг/м³;
 $T_{\text{у}}, T_{\text{пр}}$ – температура удаляемого и приточного воздуха, °К.

При расчете общеобменной вентиляции в производственных помещениях, где не выделяются вредные вещества в процессе работы, необходимый воздухообмен определяют по формуле

$$L = n_{\text{р}}L_0, \quad (4)$$

где $n_{\text{р}}$ – количество работающих;
 L_0 – норма воздухообмена (если на одного работающего приходится менее 20 м³ объема помещения, то $L_0 = 30$ м³/ч, если на одного работающего приходится 20 м³ и более объема помещения, то $L_0 = 20$ м³/ч).

Фактическую производительность вентиляционной установки (объем проходящего воздуха через вентиляционные каналы в час) определяют по формуле

$$L = 3600v_{\text{ср}}F, \quad (5)$$

где L – объем воздуха, проходящего через вентиляционные каналы, м³/ч;
 $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения воздуха в открытой плоскости вентиляционного канала, м/с;
 F – площадь сечения отверстия или воздуховода, м²;
 3600 – перевод часа в секунды (60×60).

1.2. Приборы и оборудование

Крыльчатый анемометр АСО-3 предназначен для измерения скорости воздушного потока. Он позволяет производить измерения в пределах от 0,3 до 5 м/с, с чувствительностью не более 0,2 м/с.

Принцип действия данного прибора следующий: движение воздуха воспринимается колесом с пластинками из алюминия, вращающимся под давлением потока воздуха. Это движение системой зубчатых колес передается стрелкам, движущимся по градуированным циферблатам, по которым производится отсчет. Малые циферблаты показывают тысячи и сотни делений; полный оборот большой стрелки соответствует 100 делениям, так как большой циферблат разделен на 100 частей.

Микроманометр ММН-240 (рис. 2) применяется для измерения избыточного вакуумметрического давления и разности давлений газов не агрессивных к стали, латуни, олову, полиэтилену в пределах до 240 кгс/м^2 при статическом давлении не более 1000 кгс/м^2 .

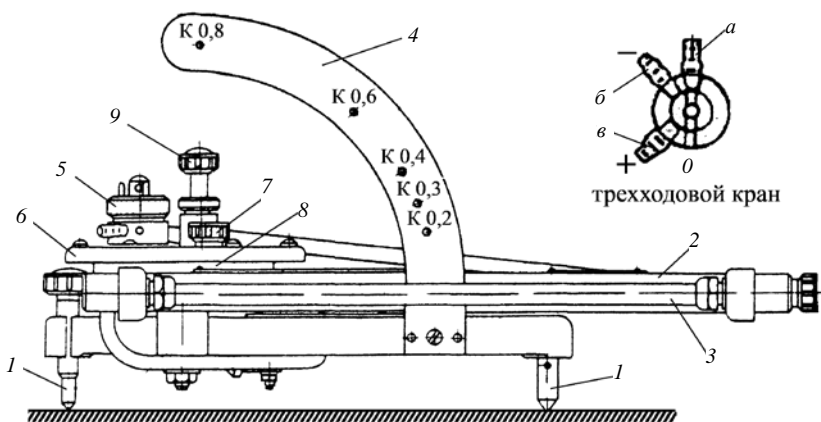


Рис. 2. Микроманометр многопредельный с наклонной трубкой ММН-240:

- 1 – регулировочные ножки; 2 – кронштейн; 3 – измерительная трубка;
- 4 – дуга; 5 – трехходовой кран; 6 – крышка; 7 – пробка;
- 8 – резервуар; 9 – регулятор нулевого положения мениска (подсос)

Перед измерениями прибор установите на столе, отрегулировав регулировочными ножками 1 положение прибора, чтобы в каждом уровне пузырек стоял в центре.

Установите кронштейн 2 с измерительной трубкой 3 в крайнее верхнее положение, соответствующее $K = 0,8$ (величины постоянной прибора $K = 0,8$; $K = 0,6$; $K = 0,4$; $K = 0,3$ и $K = 0,2$ нанесены на дуге 4 прибора).

Поверните пробку трехходового крана 5 против часовой стрелки до упора.

Выверните из крышки *б* прибора пробку *7* и залейте в резервуар *8* этиловый спирт (с плотностью $\rho_c = (0,8095 \pm 0,0005) \text{ г/см}^3$) в таком количестве, чтобы его уровень в стеклянной измерительной трубке *3* установился приблизительно против нулевого деления шкалы, а затем, поставив на место пробку, затяните ее до отказа.

Наденьте на штуцер *б* трехходового крана *5* отрезок резиновой трубки (другой конец которой нужно удерживать в руке) и поставьте пробку трехходового крана в рабочее положение, поворачивая ее по часовой стрелке до упора. Затем поднимите подсосом *9* уровень спирта в стеклянной измерительной трубке *3* примерно до конца шкалы и убедитесь в отсутствии воздушных пробок в столбике спирта.

В случае обнаружения воздушных пробок выдуйте их вместе со спиртом в резервуар.

Поверните пробку трехходового крана *5* против часовой стрелки до упора, поставьте кронштейн *2* с измерительной трубкой *3* на необходимый угол наклона и регулятором уровня окончательно скорректируйте на нуль. При этом необходимо иметь в виду, что между углом наклона измерительной трубки и верхним пределом измерения прибора существует зависимость (табл. 1).

Таблица 1. Зависимость между наклоном измерительной трубки и верхним пределом измерения микроанометра ММН-240

| | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Постоянная прибора <i>K</i> , нанесенная на дуге прибора (по ней определяется наклон измерительной трубки) | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| Верхний предел измерения, кгс/м ² | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 |
| Цена наименьшего деления шкалы, кгс/м ² | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |

Примечание. Наклон измерительной трубки задается преподавателем.

Соедините прибор резиновыми трубками с концами пневматической трубки. При этом резиновая трубка, в которой будет действовать статическое давление, надевается на штуцер *б* (он обычно обозначается знаком «минус»), а другая – на штуцер *в* (обозначается знаком «плюс»).

Термоанемометр testo 417 – это компактный прибор для измерения скорости воздушного потока и температуры воздуха посредством встроенной крыльчатки диаметром 100 мм с датчиком температуры (рис. 3).



Рис. 3. Термоанемометр testo 417

Правила, которые необходимо выполнять для безопасного использования прибора:

- во избежание персональных повреждений или повреждения оборудования не применяйте прибор для измерения на частях, находящихся под напряжением, или вблизи них;
- применяйте прибор, строго соблюдая правила его эксплуатации;
- всегда применяйте прибор только по его прямому назначению;
- не применяйте силу;
- не применяйте прибор во взрывоопасных помещениях и зонах;
- не подвергайте прибор температурному воздействию свыше 70 °С;
- запрещено вскрывать корпус прибора и зонда, проводить ремонт и замену элементов питания.

Для включения прибора нажмите кнопку 1, откроется окно измерений. При этом отображаются текущие показания или загорается «----», если измерения невозможны.

Для выключения прибора нажмите и удерживайте кнопку 1 (около 2 с), пока дисплей не погаснет.

Для включения или выключения подсветки дисплея при включенном приборе нажмите кнопку 1.

Для настройки прибора необходимо открыть меню конфигурации. Прибор при этом должен быть включен и находиться в меню измерений, а функции «Hold», «Max» или «Min» не должны быть активированы. Нажмите и удерживайте кнопку 2 (около 2 с), пока вид дисплея не изменится. Прибор находится в меню конфигурации.

Кнопкой 2 вы можете перейти к другой функции.

Выйти из меню конфигурации можно в любое время. Для этого нажмите и удерживайте кнопку 2 (около 2 с), пока прибор не переключится в меню измерений. Все изменения, сделанные в меню конфигурации, будут сохранены.

Для выполнения измерений прибор должен быть включен и находиться в меню измерений.

Для переключения отображения на дисплее между измерением температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и рассчитанным объемным расходом воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) нажмите кнопку 3.

Текущие показания могут быть сохранены. Максимальные и минимальные значения (с момента последнего включения прибора) могут быть отображены на дисплее.

Нажмите кнопку 2 несколько раз, пока на дисплее не отобразятся необходимые значения.

Показания отображаются в следующей последовательности:

- «Hold» – зафиксированное значение;
- «Max» – максимальное значение;
- «Min» – минимальное значение;
- текущее значение.

Для расчета среднего значения по нескольким местам измерений необходимо, чтобы «Hold», «Max» или «Min» не были активированы. Затем нажмите кнопку 4. На дисплее отобразится «Mean». Количество записанных значений будет отображено на верхней строке, значения – на нижней. Для переключения отображения температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), скорости воздушного потока ($\text{м}/\text{с}$) и рассчитанного объемного потока воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) нажмите кнопку 3.

Для включения показаний (в необходимом количестве) нажмите кнопку 2 (несколько раз).

Для окончания измерений и расчета среднего значения нажмите кнопку 4, замигает «Mean», отобразятся рассчитанные значения.

Для возврата в меню измерений нажмите кнопку 4.

Расчет среднего значения за определенный промежуток времени осуществляется следующим образом. «Hold», «Max» или «Min» не должны быть активированы. Нажмите кнопку 4 два раза. Загорится «Mean». На верхней строке отображается прошедшее время (мм:сс), текущие значения – на нижней.

Для переключения отображения температуры воздуха (°C), скорости воздушного потока (м/с) и рассчитанного объемного потока воздуха (м³/ч) нажмите кнопку 3.

Для начала измерений нажмите кнопку 2. Для приостановки, а затем продолжения измерений каждый раз нажимайте кнопку 2. Для окончания измерений и расчета среднего значения нажмите кнопку 4. Замигает «Mean». Отобразятся рассчитанные значения.

Для возврата в меню измерений нажмите кнопку 4.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Проверка эффективности естественной вентиляции

При проверке эффективности естественной вентиляции необходимо определить фактический объем удаляемого из помещения воздуха и сравнить его с необходимым воздухообменом для данного помещения. Порядок проведения исследований приведен ниже.

1. Записать исходное положение стрелок крыльчатого анемометра, установленного в середине открытой плоскости вентиляционного канала. При этом необходимо иметь в виду: а) малые циферблаты показывают тысячи и сотни делений; полный оборот большой стрелки соответствует 100 делениям, так как большой циферблат разделен на 100 частей; б) при снятии показаний с прибора нужно на маленьких циферблатах принимать во внимание только полные деления и прибор при этом на ноль ставить не нужно.

2. Открыть задвижку вентиляционного канала и отметить время $t_{\text{нач}}$.

3. Определить необходимый воздухообмен (L , м³/ч) по формуле (4).

4. При этом нужно определить объем помещения и принять норму воздухообмена L_0 .

5. Через 45 мин (для учебных целей достаточно 10 мин) от $t_{\text{нач}}$ закрыть задвижку вентиляционного канала и снять конечные показания прибора.

6. Определить скорость движения воздуха $v_{\text{ср}}$ в вентиляционном канале. Для чего необходимо вычесть первые показания из вторых и

разделить полученный результат на время экспозиции прибора (в секундах). Полученный результат (дел./с) по графику, прилагаемому к прибору, перевести в м/с.

7. Определить площадь открытой плоскости вентиляционного канала F в м^2 .

8. Определить фактический объем удаляемого из помещения воздуха L , проходящего через вентиляционный канал, по формуле (5).

9. Полученные данные и результаты расчетов записать в протокол (табл. 2).

Таблица 2. Протокол проверки эффективности естественной вентиляции

| Наименование помещения | Необходимый воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$ | Время опыта, с | Начальные показания анемометра, дел. | Конечные показания анемометра, дел. | Разность показаний анемометра, дел. | Скорость движения воздуха, м/с | Площадь вентиляционного канала, м^2 | Объем удаляемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$ |
|------------------------|---|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| | | | | | | | | |

10. Сравнить объем удаляемого воздуха с необходимым воздухообменом и сделать выводы.

2.2. Проверка эффективности искусственной вентиляции

При проверке эффективности искусственной вентиляции на примере лабораторной установки (рис. 4) необходимо определить производительность этой установки (L , $\text{м}^3/\text{ч}$), т. е. параметр, наиболее полно характеризующий работу вентиляционной установки при полностью открытой задвижке I и полуоткрытой. После этого необходимо сравнить производительность вентиляционной установки с необходимым воздухообменом и сделать вывод об эффективности искусственной вентиляции, а также нужно сравнить полученные результаты и сделать вывод о влиянии состояния вентиляционных каналов на работу системы искусственной вентиляции.

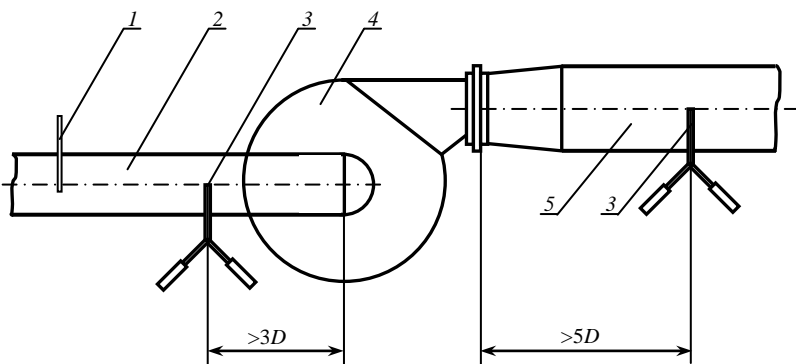


Рис. 4. Схема лабораторной установки для проверки эффективности искусственной вентиляции:
 1 – задвижка; 2 – всасывающий воздуховод; 3 – отверстия для ввода пневматических трубок; 4 – вентилятор; 5 – нагнетательный воздуховод

Порядок проведения исследований следующий.

1. Установить в нагнетательный канал пневматическую трубку согласно рис. 5 и 6 (при проведении исследований в воздуховоде цилиндрического сечения необходимо устанавливать пневматическую трубку в одно из положений рис. 5).

2. Подготовить микроманометр ММН-240 к проведению измерений по методике, приведенной выше.

Повернуть пробку трехходового крана по часовой стрелке до упора и приступить к отсчетам.

Истинное значение измеряемого давления определить по формуле

$$P_{\text{ск. } i} = H_{\text{в}}K, \quad (6)$$

где $H_{\text{в}}$ – отсчет по шкале микроманометра, мм;

K – постоянная прибора, при которой производились замеры.

Во время работы периодически контролируйте нуль прибора, ставя трехходовой кран в положение контроля, а также следите за положением прибора по уровням (так как микроманометр настроен и установлен на необходимые пределы измерений, вышеизложенные настройки производить не требуется).

3. Включить вентиляционную установку при полностью открытой задвижке.

4. Подключить пневматическую трубку к микроманометру и произвести замер показания прибора $H_{\text{в}}$, мм.

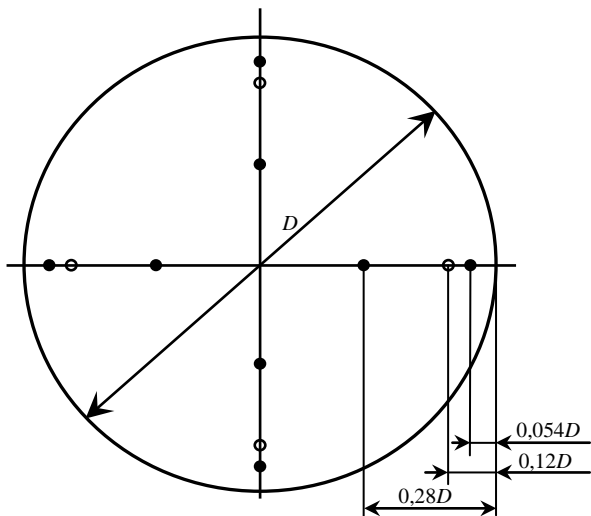


Рис. 5. Координаты точек измерения давлений и скорости в воздуховодах цилиндрического сечения:

○ – при $100 \text{ мм} \leq D \leq 300 \text{ мм}$; ● – при $D > 300 \text{ мм}$

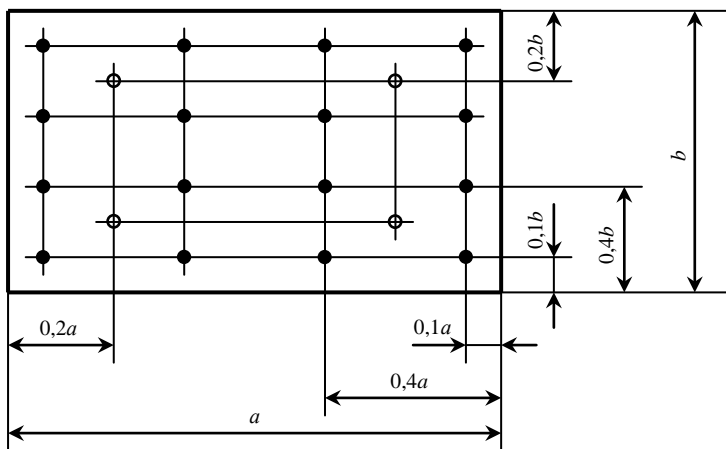


Рис. 6. Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах прямоугольного сечения:

○ – при $100 \text{ мм} \leq b \leq 200 \text{ мм}$; ● – при $b > 200 \text{ мм}$

5. Определить истинное значение измеряемого скоростного давления $P_{ск. i}$ (см. формулу (6)).

6. Определение значений скоростного давления повторить во всех необходимых точках мерных сечений (см. рис. 5 и 6). При этом нужно иметь в виду то, что измерение скоростного давления в нескольких точках мерных сечений воздухопроводов объясняется неравномерностью скорости движения воздуха в воздухопроводах. Эта неравномерность объясняется наличием трения воздуха о стенки воздухопровода и турбулентностью потока при выходе из вентилятора. Исходя из этого, замер скоростного давления необходимо производить перед вентилятором и за ним на прямых участках воздухопроводов. Длина прямого участка перед вентилятором должна быть кратной не менее чем трем диаметрам, а за вентилятором – не менее чем пяти диаметрам (см. рис. 4). Кроме того, для получения закономерной средней величины скорости нужно взять несколько точек по диаметру мерного сечения согласно рис. 5 и 6.

7. Определить среднее скоростное давление $P_{ск. ср}$, пользуясь при этом формулой

$$P_{ск. ср} = \left(\frac{\sqrt{P_{ск. 1}} + \sqrt{P_{ск. 2}} + \dots + \sqrt{P_{ск. n}}}{n} \right)^2, \quad (7)$$

где $P_{ск. 1}, P_{ск. 2} \dots P_{ск. n}$ – истинное значение измеряемого скоростного давления в различных точках мерного сечения воздухопровода, кгс/м²;

n – количество измерений значений скоростного давления, шт.

8. Произвести замеры барометрического давления P , кПа, и температуры воздуха t , °С.

9. Согласно приложению определить плотность перемещаемого воздуха ρ_B , кг/м³.

10. Определить среднюю скорость воздушного потока, пользуясь при этом зависимостью

$$v_{ср} = \sqrt{P_{ск. ср} \frac{2g}{\rho_B}}, \quad (8)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

11. Определить производительность вентиляционной установки L , м³/ч, пользуясь формулой (5).

12. Повторить опыты при установке задвижки в полуоткрытом положении.

13. Записать полученные данные и результаты расчетов в протокол (табл. 3).

14. Полученные результаты производительности вентиляционной установки при полностью открытой и полуоткрытой задвижке необходимо сравнить между собой и с необходимым воздухообменом и сделать вывод об эффективности искусственной вентиляции и о влиянии состояния вентиляционных каналов на работу системы искусственной вентиляции.

Таблица 3. Протокол испытания искусственной вентиляции

| Условие опыта | Точка замера | Барометрическое давление, кПа | Температура перемещаемого воздуха, °С | Скоростное давление в точках мерного сечения $P_{ск. i}$, кгс/м ² | Среднее скоростное давление $P_{ск. ср.}$, кгс/м ² | Средняя скорость движения воздуха $v_{ср}$, м/с | Производительность вентиляционной установки L , м ³ /ч |
|----------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|---|
| Задвижка полностью открыта | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| Задвижка полуоткрыта | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Вентиляция, ее назначение, классификация систем вентиляции.
2. Механическая вентиляция, ее классификация и устройство.
3. Естественная вентиляция, ее классификация и устройство.
4. Как проводится контроль за вентиляцией?
5. Назовите причины неудовлетворительной работы вентиляции.
6. Какие параметры вентиляции подлежат оценке при обследовании вентиляции?
7. В зависимости от каких факторов производится определение необходимого воздухообмена в помещении?
8. Как определяется необходимый воздухообмен в помещении при выделении газов, паров, пыли?
9. Как определяется необходимый воздухообмен в помещении при выделении влаги?
10. Как определяется необходимый воздухообмен в помещении при избытке тепла?
11. Как определяется необходимый воздухообмен в помещении, где не выделяются вредные вещества в процессе работы?
12. Как определяется фактическая производительность вентиляционной установки?
13. Охарактеризуйте устройство и принцип действия крыльчатого анемометра АСО-3.
14. Охарактеризуйте устройство и принцип действия микроанометра ММН-240.
15. Опишите устройство и принцип действия термоанометра testo 417.
16. Как производится проверка эффективности естественной вентиляции?
17. Как производится проверка эффективности искусственной вентиляции?
18. Как определяется истинное значение скоростного давления?
19. Как определяется среднее скоростное давление?
20. Как определяется средняя скорость воздушного потока?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аттестация рабочих мест по условиям труда : метод. указания / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 24 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека (Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций) : курс лекций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 98 с.
3. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии : учеб. пособие / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск : Выш. шк., 2019. – 317 с.
4. Исследование микроклимата в рабочей зоне : метод. указания / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 24 с.
5. Мероприятия по улучшению состояния и охраны труда в организациях АПК : рекомендации / А. С. Алексеенко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 40 с.
6. Определение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны : метод. указания / А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. – 20 с.
7. Охрана труда : курс лекций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 152 с.
8. Охрана труда в АПК : практикум / В. Г. Андруш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2013. – 248 с.
9. Охрана труда. Лабораторный практикум : учеб. пособие / А. К. Гармаза [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 322 с.
10. Охрана труда. Лабораторный практикум : учеб. пособие / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 176 с.
11. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве : учеб. пособие / В. Н. Босак [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
12. Правила поведения в чрезвычайных ситуациях : метод. указания / М. В. Цайц [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 52 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Плотность воздуха в зависимости от его температуры и давления

| Температура воздуха, °С | Плотность воздуха (кг/м ³) при давлении (Па) | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 96425 | 96090 | 97755 | 98420 | 99085 | 99750 | 99915 | 101080 | 101745 | 102420 |
| -10 | 1,280 | 1,289 | 1,292 | 1,307 | 1,316 | 1,325 | 1,333 | 1,342 | 1,351 | 1,360 |
| -8 | 1,271 | 1,280 | 1,288 | 1,297 | 1,306 | 1,315 | 1,323 | 1,332 | 1,341 | 1,350 |
| -6 | 1,261 | 1,270 | 1,279 | 1,287 | 1,296 | 1,305 | 1,313 | 1,322 | 1,331 | 1,340 |
| -4 | 1,252 | 1,261 | 1,269 | 1,278 | 1,286 | 1,296 | 1,304 | 1,312 | 1,321 | 1,330 |
| -2 | 1,243 | 1,251 | 1,260 | 1,268 | 1,277 | 1,286 | 1,294 | 1,303 | 1,311 | 1,320 |
| 0 | 1,234 | 1,242 | 1,251 | 1,259 | 1,268 | 1,276 | 1,285 | 1,293 | 1,302 | 1,310 |
| +2 | 1,225 | 1,233 | 1,242 | 1,250 | 1,258 | 1,267 | 1,276 | 1,284 | 1,298 | 1,301 |
| +4 | 1,216 | 1,224 | 1,233 | 1,241 | 1,249 | 1,266 | 1,266 | 1,275 | 1,283 | 1,291 |
| +6 | 1,207 | 1,215 | 1,224 | 1,232 | 1,240 | 1,249 | 1,257 | 1,265 | 1,274 | 1,282 |
| +8 | 1,198 | 1,207 | 1,215 | 1,223 | 1,232 | 1,240 | 1,248 | 1,256 | 1,265 | 1,273 |
| +10 | 1,190 | 1,198 | 1,206 | 1,215 | 1,223 | 1,232 | 1,239 | 1,247 | 1,256 | 1,264 |
| +12 | 1,182 | 1,190 | 1,198 | 1,206 | 1,214 | 1,222 | 1,231 | 1,239 | 1,247 | 1,255 |
| +14 | 1,173 | 1,181 | 1,190 | 1,198 | 1,206 | 1,214 | 1,222 | 1,230 | 1,238 | 1,246 |
| +16 | 1,165 | 1,173 | 1,189 | 1,197 | 1,205 | 1,206 | 1,213 | 1,222 | 1,230 | 1,238 |
| +18 | 1,157 | 1,165 | 1,173 | 1,181 | 1,189 | 1,197 | 1,205 | 1,213 | 1,221 | 1,229 |
| +20 | 1,149 | 1,157 | 1,165 | 1,173 | 1,181 | 1,189 | 1,197 | 1,205 | 1,213 | 1,221 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Теоретические сведения | 3 |
| 1.1. Нормирование исследуемых параметров..... | 8 |
| 1.2. Приборы и оборудование | 9 |
| 2. Порядок выполнения работы | 14 |
| 2.1. Проверка эффективности естественной вентиляции | 14 |
| 2.2. Проверка эффективности искусственной вентиляции..... | 15 |
| Контрольные вопросы и задания | 20 |
| Библиографический список | 21 |
| Приложение..... | 22 |

Учебное издание

Босак Виктор Николаевич
Кондраль Александр Евгеньевич
Акулич Михаил Петрович и др.

ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Методические указания к лабораторной работе № 8

Редактор *О. Н. Минакова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *А. С. Зайцева*

Подписано в печать 07.04.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,01.
Тираж 60 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.