

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства**

А.Н. Карташевич, В.Г. Костенич, О.В. Понталев

Теплотехника

ИСПЫТАНИЕ АВТОНОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА

*Методические указания по выполнению лабораторной работы
обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

**Горки
БГСХА
2019**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства

А.Н. Карташевич, В.Г. Костенич, О.В. Понталев

Теплотехника

ИСПЫТАНИЕ АВТОНОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА

*Методические указания по выполнению лабораторной работы
обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2019

УДК 697.94:621.1(072)

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 9 от 27 мая 2019г.*

Авторы:

доктор технических наук, профессор *А. Н. Карташевич*;
кандидат технических наук, доцент *В. Г. Костенич*;
кандидат технических наук, доцент *О. В. Понталев*

Рецензент:

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

Теплотехника. Испытание автономного кондиционера : методические указания по выполнению лабораторной работы / А.Н. Карташевич, В.Г. Костенич, О.В. Понталев. – Горки : БГСХА, 2019. – 14с.

Приведены общие сведения о кондиционировании воздуха и устройствах для его осуществления, схема и описание лабораторной установки, методика выполнения работы и содержание отчета.

Для студентов обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

©УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Кондиционирование воздуха – это процесс автоматического поддержания в помещениях определенного, заранее заданного режима и состояния внутреннего воздуха независимо от внешних (времени года, состояния погоды, скорости ветра, температуры и влажности наружного воздуха и т. д.) и внутренних (колебания тепловой нагрузки, нарушения технологического процесса, изменения количества людей и т. д.) условий, а также одновременное регулирование всех или по меньшей мере трех основных факторов, влияющих на физические свойства воздуха внутри помещения: температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Устройство, в котором осуществляется тепловлажностная обработка воздуха и его очистка, называют установкой кондиционирования или кондиционером. По назначению кондиционирование воздуха подразделяется на комфортное, технологическое и комфортно-технологическое. Комфортное применяют в жилых, общественных и промышленных зданиях; технологическое – в производственных помещениях для обеспечения требуемых условий протекания технологических процессов; комфортно-технологическое – в производственных помещениях, когда в условиях протекания технологических процессов имеются несущественные отличия от комфортных.

Системы кондиционирования воздуха подразделяют на центральные, местные и автономные. В центральных системах воздух, обработанный в одной общей установке, подается по распределительным воздуховодам в различные помещения здания. Местные системы имеют централизованное производство холода и децентрализованную обработку воздуха в местных кондиционерах, устанавливаемых в отдельных помещениях. В автономных системах кондиционеры имеют свои источники тепла и холода, которые являются их конструктивными элементами. Для обслуживания каждого помещения необходим свой автономный кондиционер. В зависимости от требований, предъявляемых к параметрам микроклимата обслуживаемого помещения, кондиционер обрабатывает наружный воздух или смешанный (наружный и рециркуляционный).

Цель работы: определить параметры воздуха, обрабатываемого в кондиционере, его производительность по воздуху, холодильную мощность и массу влаги, выпадающей из воздуха в единицу времени.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Объектом испытания является бытовой автономный кондиционер оконного типа ESW-07H1. Он предназначен для очистки воздуха от пыли, его охлаждения, автоматического поддержания заданной температуры и удаления влаги из воздуха.

Техническая характеристика кондиционера ESW-07H1:

Тип.....	настенная сплит-система
Обслуживаемая площадь	21 м ²
Основные режимы.....	охлаждение/обогрев
Максимальный воздушный поток	6.67 м ³ /мин
Мощность в режиме охлаждения.....	2200 Вт
Мощность в режиме обогрева.....	2350 Вт
Хладагент	R 410A
Уровень шума внутреннего блока (мин/макс).....	28 дБ/34 дБ
Минимальная температура для эксплуатации кондиционера в режиме охлаждения.....	7 °С
Минимальная температура для эксплуатации кондиционера в режиме обогрева.....	-5 °С

Все узлы кондиционера смонтированы на металлическом основании (рис. 1). Металлической перегородкой 7, закрепленной к основанию, кондиционер разделяется на два герметически изолированных отсека: наружный и внутренний. Заслонка 11 в зависимости от режима работы автоматически регулирует приток наружного воздуха в помещение.

Основными рабочими узлами кондиционера являются: холодильный агрегат, вентиляторы – центробежный 10 и осевой 13 с общим электродвигателем 12, имеющим несколько скоростей вращения; пульт управления 6 с пускозащитным устройством.

Холодильный агрегат выполняет функцию охлаждения и состоит из конденсатора 1, ротационного компрессора 2, расширителя 3, фильтра-осушителя 4, капиллярной трубки 5, испарителя 9 и системы трубопроводов, образующих герметично замкнутую систему.

Осевой вентилятор 13, расположенный в наружном отсеке, предназначен для охлаждения конденсатора 1 наружным воздухом, засасываемым через решетку в боковых стенках кожуха. Центробежный вентилятор 10, установленный во внутреннем отсеке, служит для засасыва-

ния воздуха из помещения через решетку декоративной панели, воздушный фильтр 8, испаритель 9, а также для нагнетания охлажденного и очищенного воздуха в помещение через поворотную решетку.

Электродвигатель вентиляторов включается при пуске компрессора, однако он может быть также включен в режиме вентиляции и при отключенной холодильной системе.

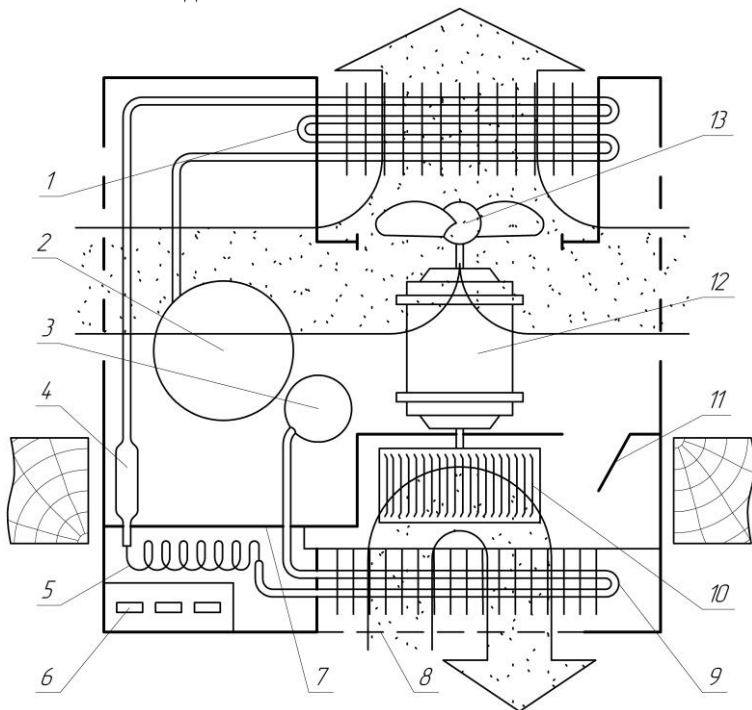


Рис. 1. Принципиальная схема кондиционера: 1 – конденсатор; 2 – компрессор; 3 – расширитель; 4 – фильтр-осушитель; 5 – капиллярная трубка; 6 – пульт управления; 7 – перегородка; 8 – фильтр воздушный; 9 – испаритель; 10 – вентилятор центробежный; 11 – заслонка вентилятора; 12 – электродвигатель вентиляторов; 13 – вентилятор осевой

Скорость потока воздуха измеряется чашечным анемометром (рис. 2). Анемометр (от греческого *анемос* – ветер и *метрео* – измере-

ние) – измерительный прибор, предназначенный для измерения скорости ветра, а также направленных воздушных и газовых потоков.

Ветроприемником анемометра служит четырехчашечная вертушка 1, насаженная на ось и вращающаяся в опорах. Ось связана с редуктором, передающим движение трем указывающим стрелкам. Циферблат 2 имеет шкалы со стрелками для единиц 3, сотен 4 и тысяч 5. Включение и выключение счетного механизма производится арретиром 7. Для включения механизма арретир поворачивают против часовой стрелки, для выключения – по часовой стрелке.

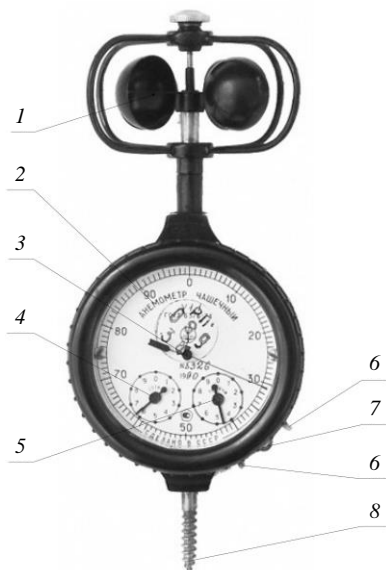


Рис. 2. Анемометр чашечный: 1 – четырехчашечная вертушка; 2 – циферблат; 3 – стрелка единиц; 4 – стрелка сотен; 5 – стрелка тысяч; 6 – ушки; 7 – арретир; 8 – винт для крепления анемометра

Механизм анемометра закреплен в корпусе из пластмассы, нижняя часть которого заканчивается винтом 8, служащим для крепления анемометра на стойке или шесте. В корпусе анемометра по обе стороны арретира 7 ввернуты ушки 6, через которые пропускается шнур для включения и выключения прибора, поднятого на стойке (шесте). Шнур привязывается за ушко арретира 7.

Ветроприемник анемометра защищен крестовиной из проволочных дужек, служащей также для крепления верхней опоры его оси.

Перед измерением скорости потока воздуха записывают показания по трем шкалам. В измеряемом воздушном потоке анемометр устанавливают вертикально и через 10...15 с одновременно включают механизм анемометра и секундомер.

Для получения средней скорости потока воздуха у решетки передней панели кондиционера анемометр необходимо медленно и равномерно перемещать по всей площади выпускного окна.

Экспонирование анемометра в воздушном потоке производят в течение одной или двух минут. По истечении этого времени механизм и секундомер выключают и записывают показания по шкалам анемометра и время экспозиции в секундах. Разность между конечным и начальным отсчетом делят на время экспозиции и определяют число делений шкалы, приходящихся на одну секунду, по формуле

$$n = \frac{n_2 - n_1}{t}, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – начальное и конечное показания анемометра;

t – время измерения, с.

Скорость воздушного потока определяется по градуировочному графику, прилагаемому к анемометру и приведенному в приложении 1. На вертикальной оси графика находят число делений шкалы, приходящихся на одну секунду. От этой точки проводится горизонтальная линия вправо до пересечения с наклонной прямой графика, а из полученной точки пересечения проводится вертикальная линия вниз до пересечения с горизонтальной осью. Точка пересечения вертикали с горизонтальной осью графика дает искомую скорость воздушного потока в метрах в секунду.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством кондиционера.
2. Замерить температуру и относительную влажность внутреннего воздуха с помощью гигрометра психометрического, а полученные данные занести в таблицу.

По hd -диаграмме найти энтальпию и влагосодержание внутреннего воздуха.

3. Замерить ширину и высоту выпускного окна, а затем вычислить его площадь.

4. Вставить вилку в розетку.

Для пуска кондиционера необходимо задать пультом дистанционного управления режим «Кондиц.».

В режиме «Кондиц.» осуществляется понижение температуры в помещении, вентиляция, очистка воздуха от пыли, а также уменьшение его влагосодержания.

В режиме «Вентил.» происходит подогрев воздуха в помещении и очистка его от пыли.

5. Измерить скорость движения воздуха, выходящего из кондиционера, с помощью чашечного анемометра.

6. После 30...40 мин работы кондиционера следует произвести замер температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, по hd -диаграмме определить его энтальпию и влагосодержание, полученные результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1. Протокол наблюдений за показаниями измерительных приборов и результаты расчетов

Измеряемая или определяемая величина	Обозначение	Единица измерения	Численное значение
Ширина выпускного окна	b	м	
Высота выпускного окна	h	м	
Площадь выпускного окна	F	м ²	
Начальное показание анемометра	n_1	дел.	
Конечное показание анемометра	n_2	дел.	
Время измерения	t	с	
Параметры воздуха:			
внутреннего:			
температура	$t_{в}$	°С	
относительная влажность	$\phi_{в}$	%	
энтальпия	$h_{в}$	кДж/кг	
влагосодержание	$d_{в}$	г/кг	
кондиционированного:			

температура	t_k	$^{\circ}\text{C}$	
относительная влажность	φ_k	%	
энтальпия	h_k	кДж/кг	
влажность	d_k	г/кг	
Средняя скорость воздуха на выходе из кондиционера	$v_{\text{ср}}$	м/с	
Холодильная мощность кондиционера	Q	кВт	
Производительность кондиционера по воздуху	m	кг/с	
Масса влаги, выпадающей из воздуха	W	кг/с	

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Производительность кондиционера по воздуху (кг/с) определяется из выражения

$$m = v_{\text{ср}} \rho F, \quad (2)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость воздуха на выходе из выпускного окна, м/с;
 ρ – плотность кондиционированного воздуха при температуре t_k , кг/м³;
 F – площадь сечения выпускного окна, м².

Плотность кондиционированного воздуха при температуре t_k выбирается из табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Справочные данные. Плотность сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении (101325 Па) и различной температуре

$t, ^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$\rho, \text{кг/м}^3$	1,293	1,247	1,205	1,165	1,127	1,109	1,067	1,029	1,000

2. Холодильная мощность кондиционера (кВт) определяется по формуле

$$Q = m_c (h_b - h_k), \quad (3)$$

где m_c – производительность кондиционера по сухому воздуху, кг с. в./с;
 h_b – энтальпия внутреннего воздуха перед обработкой в кондиционере, кДж/кг с. в.;

h_k – энтальпия кондиционированного воздуха, кДж/кг с. в.

3. Производительность кондиционера по сухому воздуху (кг с. в./с) определяется из выражения

$$m_n = \frac{m}{1 + 0,001d_a}, \quad (4)$$

где m – производительность кондиционера по воздуху, кг/с;

d_b – влагосодержание внутреннего воздуха помещения, г/кг с.в.

4. Масса влаги, выпадающей из воздуха в единицу времени (кг/с), рассчитывается по формуле

$$W = m_c(d_g - d_k), \quad (5)$$

где d_c – влагосодержание внутреннего воздуха перед обработкой в кондиционере, г/кг с.в;

d_k – влагосодержание кондиционированного воздуха, г/кг с. в.

Влагосодержание (d) и энтальпия (h) внутреннего и кондиционированного воздуха определяются по hd -диаграмме, приведенной в приложении 2.

Результаты расчетов следует занести в табл. 1.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет включает в себя:

- 1) цель работы;
- 2) принципиальную схему кондиционера и ее краткое описание;
- 3) протокол наблюдений за показаниями измерительных приборов;
- 4) результаты расчетов;
- 5) график процесса кондиционирования воздуха в hd -диаграмме.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается сущность процесса кондиционирования воздуха?
2. Какие бывают системы кондиционирования?
3. Как изображается процесс кондиционирования в hd -диаграмме?
4. Как работает автономный кондиционер в режиме охлаждения воздуха и снижения его влагосодержания?

5. Как работает автономный кондиционер в режиме нагрева воздуха и снижения его относительной влажности?

Библиографический список

1. Захаров, А. А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве / А. А. Захаров. – Москва, : Агропромиздат, 1985. – 175 с.
2. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : учебник для вузов / В. М. Гусев [и др.]; под ред. В. М. Гусева. – Ленинград, : Стройиздат; Ленингр. отделение, 1981. – 343 с.
3. Коляда, В. В. Кондиционеры. Принцип работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту / В. В. Коляда. – Москва, : СОЛОН-Пресс, 2002. – 240 с.

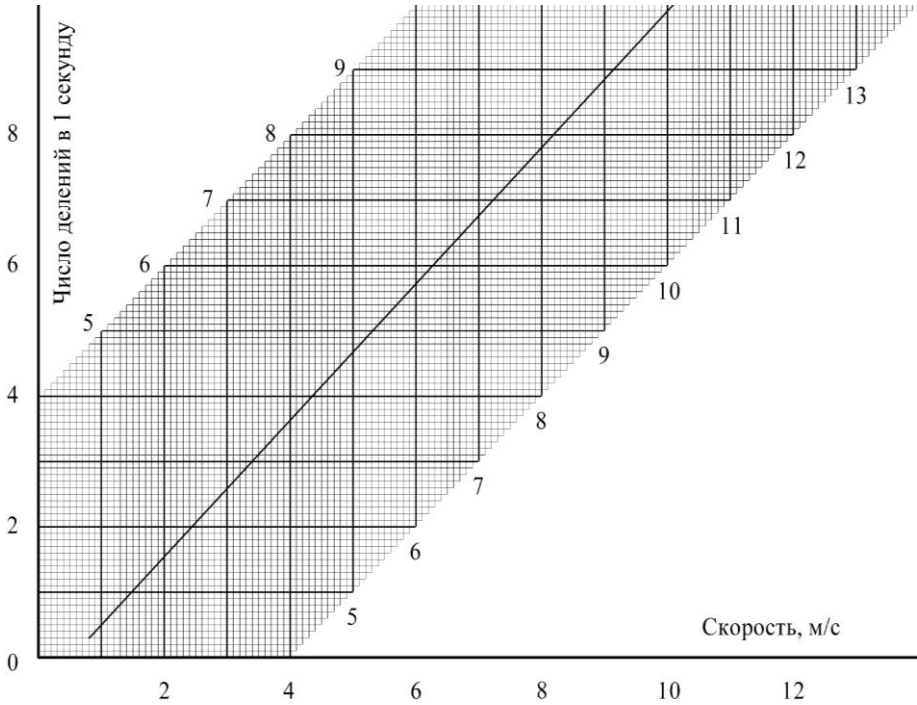
СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Лабораторная установка.....	4
2. Методика выполнения работы.....	7
3. Обработка результатов измерений.....	9
4. Содержание отчета.....	10
5. Вопросы для самопроверки.....	10
Библиографический список.....	11
Приложения.....	12

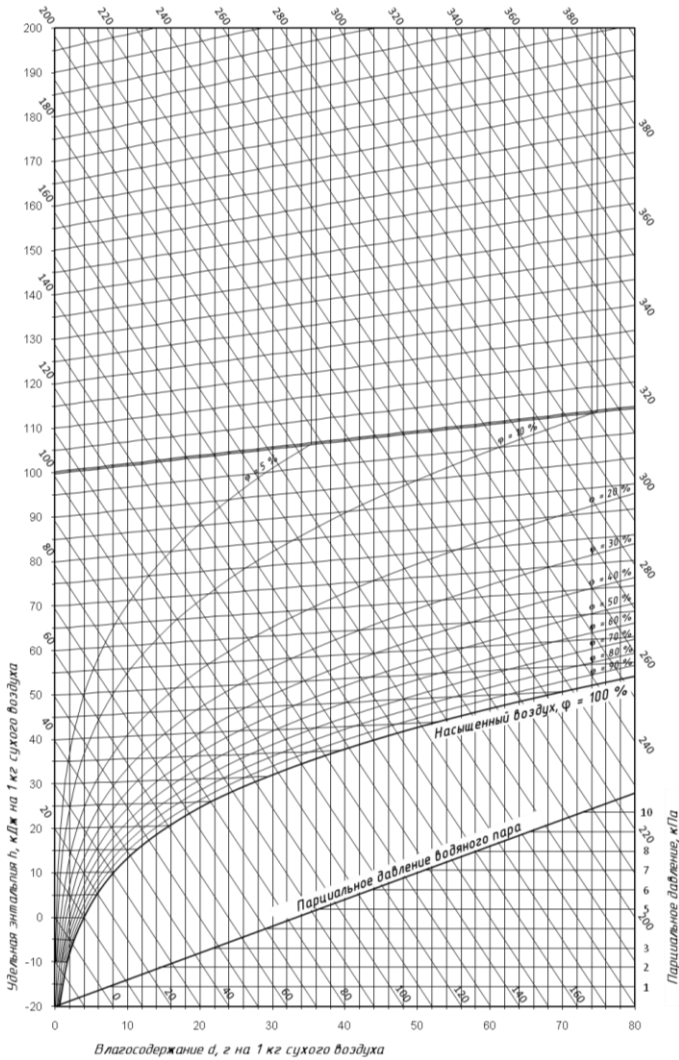
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

График перевода показаний счетчика анемометра в показания скорости движения потока воздуха



***Hd*-диаграмма влажного воздуха**



Учебное издание

Карташевич Анатолий Николаевич
Костенич Валерий Геннадьевич
Понталев Олег Владимирович

Теплотехника

ИСПЫТАНИЕ АВТОНОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

Редактор *О. Н. Минакова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор

Подписано в печать 04.09.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. . Уч.- изд. л.
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство 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.