

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Волгоградский государственный технический университет

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель А. Н. Гвоздков

Волгоград. ВолгГТУ. 2018

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный
технический университет», 2018

УДК 697.94(076.5)

К642

Кондиционирование воздуха и холодоснабжение [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам / сост. А. Н. Гвоздков ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Волгогр. гос. технич. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (0,4 Мбайт). — Волгоград : ВолгГТУ, 2018. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. Официальный сайт Волгоградского государственного технического университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Содержатся краткие теоретические сведения, описания установок, методики проведения экспериментов.

Для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиль «Теплогоснабжение и вентиляция» всех форм обучения.

УДК 697.94(076.5)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ФОРСУНОЧНОЙ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ

Цель работы - ознакомление с конструктивным выполнением форсуночной камеры орошения и принципом ее работы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Под кондиционированием воздуха понимается комплекс инженерно-технических мероприятий, в результате которых в помещении поддерживается определенный температурно-влажностный режим независимо от внутренних (присутствие людей, производственные и другие процессы) и внешних (температура, влажность, солнечная радиация) факторов.

Установка для кондиционирования включает в себя:

- оборудование для нагрева и увлажнения воздуха;
- оборудование для охлаждения и осушения воздуха;
- фильтры для очистки воздуха;
- приборы автоматического регулирования.

Наиболее важным элементом установки кондиционирования воздуха является форсуночная камера, где в результате взаимодействия обрабатываемого воздуха с водой, распыляемой с помощью форсунок, осуществляются основные процессы его тепловлажностной обработки: увлажнение, осушение, охлаждение, а при использовании горячей воды – нагревание.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФОРСУНОЧНОЙ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ

Принципиальная схема типовой двухрядной горизонтальной форсуночной камеры орошения представлена на рис. 1.

Поддон, две боковые стенки и потолок образуют корпус камеры. В поддоне 10 с помощью поплавкового клапана 7, соединенного с водопроводом, поддерживается постоянный уровень воды, избыток которой сливается через воронку переливного устройства 9. Всасывающий трубопровод насоса 12 соединен с водяным фильтром 8, а нагнетательный трубопровод - с коллекторами 4. К коллекторам 4 присоединены вертикальные стояки 2 с расположенными на них форсунками 3, размещение которых производится таким образом, чтобы обеспечивалось перекрытие факелами распыла всего поперечного сечения оросительного пространства.

На входе в камеру орошения расположено воздухораспределительное устройство 1, обеспечивающее выравнивание потока воздуха по сечению камеры. На выходе из камеры установлен сепаратор 5, на поверхности пластин которого удерживаются капли жидкости, уносимые с потоком воздуха. Максимальная пропускная способность (производительность) камеры оро-

шения по воздуху определяется при значениях массовой скорости потока до $3 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Результаты испытаний показывают, что в горизонтальных камерах орошения наиболее рациональным является двухрядное расположение форсунок: в первом ряду распыл осуществляется по потоку воздуха, а во втором - против потока.

Для распыления жидкости используются форсунки с диаметром выходного отверстия 5 мм.

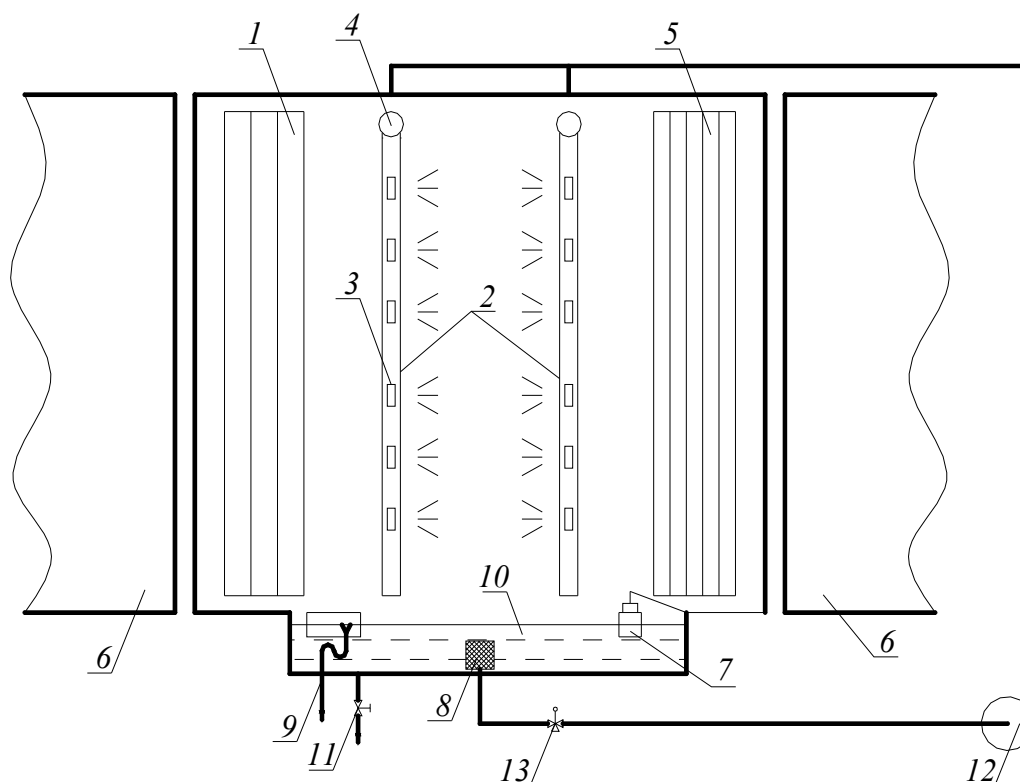


Рис. 1. Двухрядная горизонтальная камера орошения: 1 - выходные направляющие пластины; 2 - трубчатые вертикальные стояки с отверстиями; 3 - форсунки; 4 - горизонтальные водораспределительные коллекторы; 5 - пластины каплеуловителей; 6 - присоединительная секция; 7 - поплавковый клапан подпитки от водопровода; 8 - водяной фильтр; 9 - переливное устройство; 10 - поддон; 11 - патрубок; 12 - насос; 13 - клапан регулировочный

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Обрабатываемый воздух, пройдя через направляющие пластины 1, попадает в рабочее пространство камеры орошения, где происходит его взаимодействие с водой, разбрызгиваемой форсунками 3. После взаимодействия воздух направляется на дальнейшую обработку, а вода попадает в поддон 10.

При осуществлении изобарного процесса обработки воздуха используется обратная вода, забираемая насосом 12 из поддона 10 и вновь подаваемая на разбрызгивание. Температура воды при этом приобретает постоянную температуру, близкую к значению температуры "мокрого" термометра (t_m) обрабатываемого воздуха.

При осуществлении политропических процессов, например охлаждения и осушки воздуха, часть воды подается с холодильной станции, при этом используется клапан 13. При условии поддержания в поддоне постоянного уровня часть воды через перелив 9 подается на холодильную станцию.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- краткое изложение устройства форсуночной камеры орошения.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение форсуночной камеры орошения?
2. Какие элементы камеры орошения являются основными?
3. Каков принцип работы камеры орошения при осуществлении изоэнтальпийного режима обработки воздуха?

Литература: [1].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОРОШЕНИЯ ФОРСУНОЧНОЙ КАМЕРЫ

Цель работы - ознакомление с методикой замеров коэффициента орошения, выполняемых при наладке установок кондиционирования воздуха.

Содержание работы

При работающей камере орошения определяют температуры воздуха по "сухому" и "мокрому" термометрам, а также динамическое давление на входе в камеру орошения и температуру воды при различных режимах работы.

По результатам измерений и расчетов вычисляют коэффициент орошения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

С целью придания требуемых параметров приточному воздуху производится его тепло-влажностная обработка в контактных аппаратах.

В установках кондиционирования воздуха наиболее широкое распространение в качестве контактных аппаратов получили форсуночные камеры орошения, в которых контактная поверхность с потоком воздуха образуется в результате распыления воды с помощью форсунок.

Одной из важных характеристик, определяющих эффективность процессов теплообмена, осуществляемых в форсуночных камерах, является коэффициент орошения B , представляющий собой соотношение расходов взаимодействующих сред в рабочем пространстве камеры.

Коэффициент орошения, кг/кг, определяется по выражению

$$B=G_{\text{ж}}/G_{\text{в}},$$

где $G_{\text{ж}}$ - расход распыляемой жидкости, кг/ч; $G_{\text{в}}$ - количество обрабатываемого воздуха, кг/ч.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ЗАМЕРОВ

Основным элементом установки (рис. 2) является камера орошения 1, в рабочем пространстве которой установлены три ряда форсунок 2 типа 7ПЛ2, расстояние между которыми 207 мм.

Подача воды к форсункам обеспечивается с помощью контура, включающего водораспределительный коллектор 3, электронасос 4 и водомер 5. Воздух в форсуночную камеру подается центробежным вентилятором 6. Для регулирования параметров воздуха, подаваемого в камеру орошения, предусмотрена возможность подачи наружного воздуха с использованием воздухохода 14 и нагрева внутреннего воздуха с помощью электрического воздушнонагревателя 15. Для регулирования расхода воздуха через форсуночную камеру орошения предусмотрено устройство жалюзийного клапана 16.

Расход воздуха определяется по величине динамического давления, которое измеряется в аэродинамической трубе 7 с помощью диафрагмы 8 и микроманометром 9 типа ММН-240. Расход воды в камере определяется с помощью водомера 5.

Для измерения температур воздуха и воды применяются лабораторные ртутные термометры с ценой деления 0,1 °С.

Относительная влажность воздуха до и после обработки в камере орошения определяется психрометрическим методом по значениям "сухого" 10 и "мокрого" 11 термометров.

Измерение температуры воды производится термометром 12, расположенного перед форсунками в коллекторе 3, и на выходе из поддона камеры орошения с помощью термометра 13.

Барометрическое давление окружающего воздуха определяется с помощью барометра анероида.

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Опыты выполняют при двух различных режимах работы камеры орошения, которые характеризуются тем, что сначала работает один ряд форсунок, затем – два. Все измерения следует производить после выхода работы установки на стационарный режим. Получаемые опытные данные значений параметров взаимодействующих сред заносят в табл. 1.

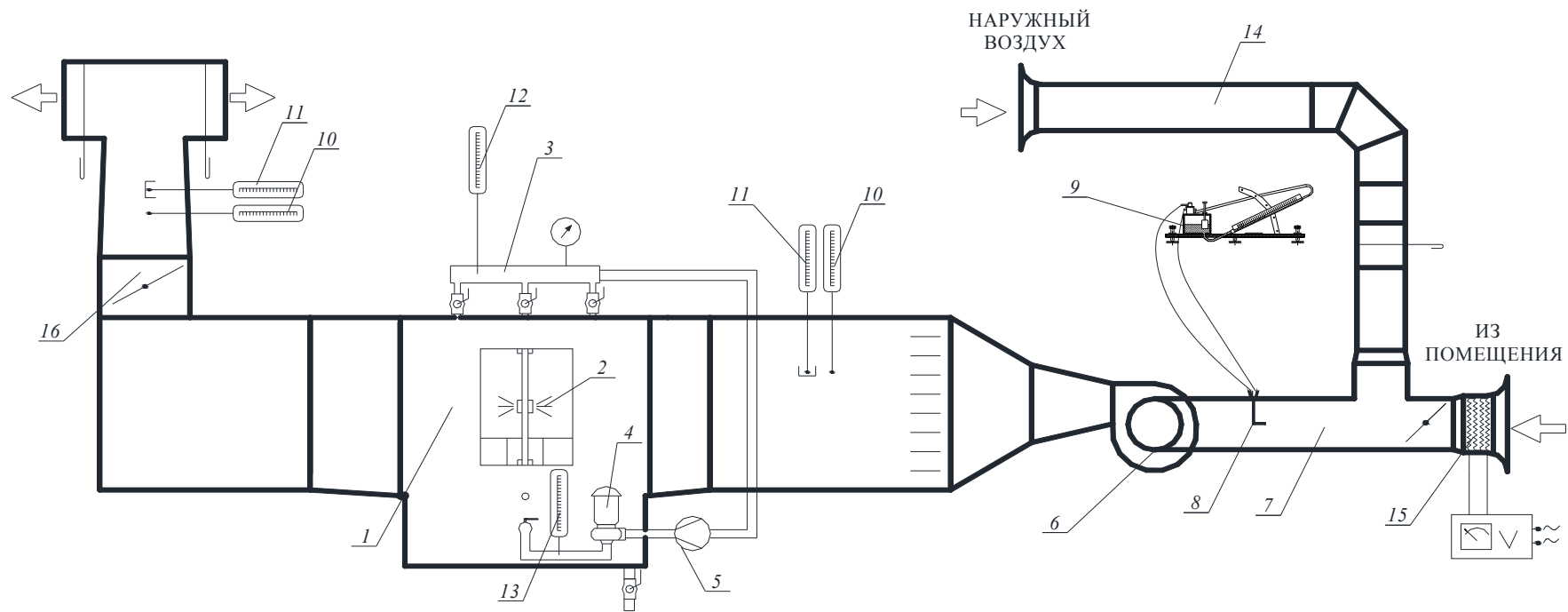


Рис. 2. Принципиальная схема лабораторной установки: 1 – камера орошения; 2 – форсунка; 3 – водораспределительный коллектор; 4 – электронасос НБЦ – 1,5/20; 5 – водомер; 6 – центробежный вентилятор; 7 – аэродинамическая труба; 8 – трубка Пито; 9 – микроманометр ММН-240; 10 – «сухой» термометр; 11 – «мокрый» термометр; 12, 13 – термометры лабораторные; 14 – воздуховод; 15 – электрический воздушнонагреватель; 16 – жалюзийный клапан

Протокол испытаний

Ре- жим	№ опыта	Параметры воздуха до камеры орошения		Параметры воздуха после камеры орошения		Пара- метры воды $t_{ж}$, °С	Динами- ческое давле- ние $P_{дин}$, Па	Рас- ход воз- духа $G_{в}$, кг/ч	Рас- ход во- ды $G_{ж}$, кг/ч	Коэф-т ороше- ния B , кг/кг
		$t_{с1}$, °С	$t_{м1}$, °С	$t_{с2}$, °С	$t_{м2}$, °С					
1	1									
	2									
	3									
2	1									
	2									
	3									

По результатам замеров $P_{дин}$ определяют скорость потока, м/с, обрабатываемого воздуха и затем его расход, м³/ч, в камере орошения:

$$v_{ср} = 1,29 \sqrt{P_{дин}}$$

$$L_{в} = 3600 v_{ср} \rho F,$$

где $P_{дин}$ - динамическое давление, Па; ρ - плотность воздуха, кг/м³; F - площадь воздуховода в мерном сечении, м².

Расход воды определяется по показаниям водомера.

По найденным значениям $G_{в}$ и $G_{ж}$ определяют значение коэффициента орошения B .

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- описание лабораторной установки;
- краткое изложение методики проведения эксперимента;
- обработку результатов;
- выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент орошения?
2. Как выполняется работа на лабораторном стенде?
3. Какова методика замеров?

Литература: [1].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРСУНОЧНОЙ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ

Цель работы - определение адиабатического коэффициента эффективности E_a .

Содержание работы

При работающей камере орошения определяют температуры воздуха по "сухому" и "мокрому" термометрам, а также динамическое давление воздуха на входе в камеру орошения и температуру воды при различных режимах работы установки.

По результатам измерений и расчетов находят коэффициент эффективности E_a .

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в практике проектирования установок кондиционирования воздуха используются различные методы расчета контактных аппаратов. Наиболее широкое распространение получили методы с применением коэффициентов эффективности E_a .

Применительно к процессам изоэнтальпийного увлажнения воздуха выражение для определения E_a имеет вид

$$E_a = (t_{c1} - t_{c2}) / (t_{c1} - t_m),$$

где t_{c1} - температура воздуха по "сухому" термометру до обработки, °С; t_{c2} - температура воздуха по "сухому" термометру после обработки, °С; t_m - температура воздуха по "мокрому" термометру, °С.

Величина E_a зависит от расходов контактирующих сред, массовой скорости потока воздуха в рабочем пространстве форсуночной камеры и других факторов.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Основным элементом установки (рис. 2) является камера орошения 1, в рабочем пространстве которой установлены три ряда форсунок 2 типа 7ПЛ2, расстояние между которыми может меняться посредством перемещения среднего стояка.

Подача воды к форсункам обеспечивается с помощью контура, включающего водораспределительный коллектор 3, электронасос 4 и водомер 5. Воздух в форсуночную камеру подается центробежным вентилятором 6.

Для измерения температур воздуха и воды применяются лабораторные ртутные термометры с ценой деления 0,1°С.

Измерение температуры воды производится термометром 12, расположенного перед форсунками в коллекторе 3, и на выходе из поддона камеры орошения с помощью термометра 13.

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Опыты производят для двух различных режимов работы камеры орошения, которые характеризуются тем, что сначала работает один ряд форсунок, затем - два. Все измерения следует производить после выхода работы установки на стационарный режим. Получаемые опытные данные значений параметров взаимодействующих сред заносят в табл. 2.

Таблица 2

Протокол испытаний

Режим	№ опыта	Параметры воздуха до камеры орошения		Параметры воздуха после камеры орошения		Параметры воды $t_{ж}, ^\circ\text{C}$	Расход воды $G_{ж}, \text{кг/ч}$	Значение коэффициента E_a	Среднее значение коэффициента $E_{a(ср)}$
		$t_{с1}, ^\circ\text{C}$	$t_{м1}, ^\circ\text{C}$	$t_{с2}, ^\circ\text{C}$	$t_{м2}, ^\circ\text{C}$				
1	1								
	2								
	3								
2	1								
	2								
	3								

Расход воды определяют по показаниям водомера 5.

По результатам замеров строят процесс обработки воздуха на $I-d$ -диаграмме и определяют значения E_a для каждого опыта. Затем производят сравнение полученных значений E_a для различных режимов работы камеры орошения.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- описание лабораторной установки;
- краткое изложение методики проведения эксперимента;
- обработку результатов;
- выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом эффективности?
2. Как определяется коэффициент эффективности в лабораторной работе?
3. Проанализируйте результаты, полученные в экспериментах.

Литература: [1].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ЧИЛЛЕРА RHOSS CHILLER TCSEY 105 H.

Цель работы - изучение конструкции и принципа работы чиллера Rhoss chiller TCSEY 105 H.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Чиллер - это холодильная машина, используемая в системах кондиционирования воздуха. Она охлаждает или подогревает теплоноситель и подает его по системе трубопроводов в теплообменник фанкойла или другой приточной установки.

Чиллер Rhoss с воздушным охлаждением конденсатора серии TCSEY 105 применяется в системах кондиционирования или в технологических процессах, где требуется подача охлажденной воды.

По наименованию модели агрегата можно узнать его отличительные особенности:

- Т – водоохладитель/водонагреватель;
- С – только охлаждение;
- С – конденсатор воздушного охлаждения, центробежные вентиляторы;
- Е – герметичные компрессоры (спиральные);
- У – хладагент R410A.

Основные технические характеристики (паспортные данные) чиллера Rhoss chiller TCSEY 105 H:

- номинальная холодопроизводительность - 4800 Вт (4128 ккал/ч) – при температуре воздуха на входе в конденсатор 35 °С, температуре охлажденной воды 7 °С, разности температур на испарителе 5 °С;
- номинальный расход воздуха - 2450 м³/ч;
- общая потребляемая мощность - 2500 Вт;
- объем водяного теплообменника – 0,34 л;
- номинальный расход воды водяного теплообменника – 826 л/ч.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЧИЛЛЕРА RHOSS CHILLER TCSEY 105 H

Конструкция чиллера представлена на рис. 3. Основными элементами чиллера Rhoss chiller TCSEY 105 H являются:

- А. Компрессор:* спиральный компрессор со встроенной тепловой защитой;
- Б. Испаритель:* пластинчатый теплообменник из нержавеющей стали с электронагревателем для защиты от замерзания и дифференциальным реле протока;
- В. Конденсатор:* теплообменник выполнен из медных трубок с алюминиевым оребрением, имеет защитную решетку;

Г. Вентилятор: центробежный вентилятор с двигателем с прямым приводом, со встроенной тепловой защитой и защитной решеткой;

Д. Панель управления: микропроцессорный контроллер;

Е. Бак-накопитель: термоизолированный накопительный бак.

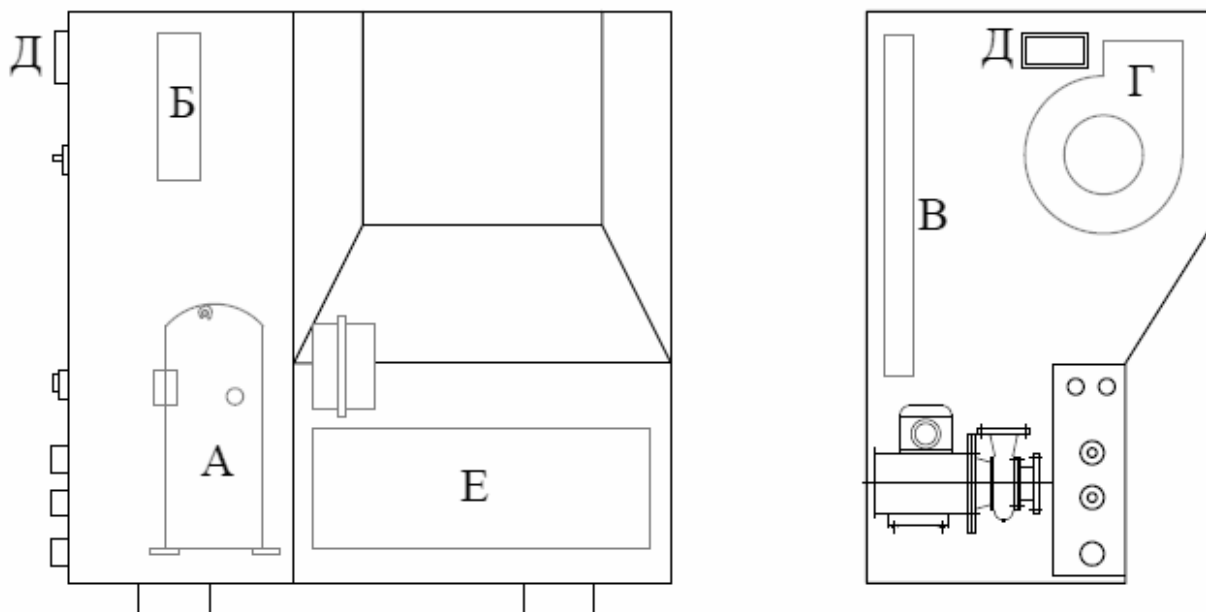


Рис. 3. Конструктивные элементы чиллера: А – компрессор; Б - испаритель; В – конденсатор; Г – вентилятор; Д – панель управления; Е – бак-накопитель.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Принципиальная схема чиллера представлена на рис. 4.

Перегретый пар хладагента низкого давления выходит из испарителя 3 и поступает в компрессор 2, охлаждая при этом обмотки его электродвигателя. В компрессоре пар хладагента сжимается до высокого давления, при этом в компрессор впрыскивается масло для выполнения функций охлаждения, смазки и герметизации зазоров. Горячий пар высокого давления после компрессора поступает в воздухоохлаждаемый конденсатор 1, где он, равномерно распределяясь по контурам теплообменника, отдает охлаждающему наружному воздуху теплоту, в результате чего конденсируется. Жидкий хладагент перед выходом из секции конденсатора подается в переохладитель 11, где он переохлаждается до температуры ниже точки насыщения, увеличивая тем самым эффективность цикла. Переохлажденный жидкий фреон проходит высокоэффективный фильтросушитель 6, где из хладагента удаляется влага, а затем терморегулирующий вентиль 7, в котором он дросселируется и частично испаряется за счет собственной теплоты жидкости. В конце расширения хладагент представляет собой смесь жидкости и пара низкого давления. Эта смесь поступает в испаритель 3, равномерно распределяясь по трубкам последнего. Двигаясь по испарителю, хладагент кипит, отбирая тепло от охлаждаемой воды и превращаясь в парообразный хладагент, а затем перегре-

ваясь. Достигший состояния перегрева пар хладагента выходит из испарителя. После этого цикл повторяется.

Чиллер Rhoss chiller TCSEY 105 Н оснащен системой автоматизированного управления, которая состоит из микропроцессорного контроллера 12, предназначенного для управления всеми узлами чиллера, преобразователя давления 13, реле высокого 17 и низкого 18 давления, датчика рабочей температуры 15, датчика защиты от замерзания 14.

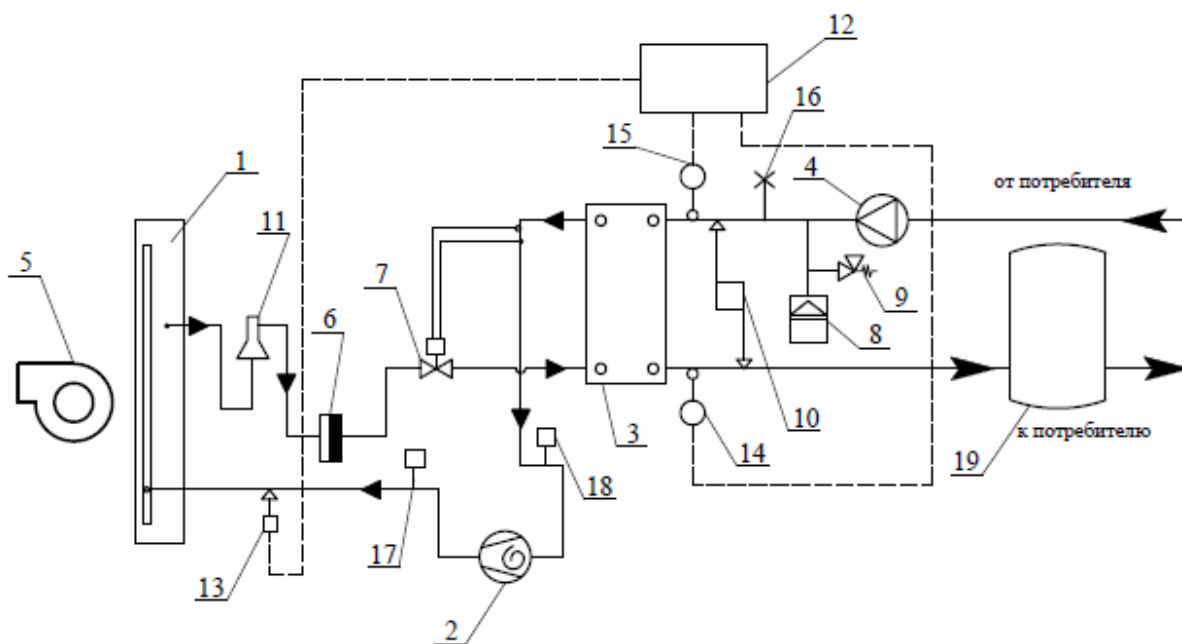


Рис. 4. Принципиальная схема чиллера: 1 – оребренный конденсатор/испаритель; 2 – компрессор; 3 – пластинчатый испаритель/конденсатор; 4 – насос; 5 - вентилятор; 6 - фильтросушитель; 7 – терморегулирующий вентиль; 8 - расширительный бак; 9 – предохранительный клапан; 10 – дифференциальный манометр; 11 – переохладитель; 12 – микропроцессорный контроллер; 13 – преобразователь давления; 14 – датчик защиты от замерзания; 15 – датчик рабочей температуры; 16 – ручной воздухоотводчик; 17 – реле высокого давления; 18 – реле низкого давления; 19 – бак-накопитель.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- краткое изложение устройства и принципа работы чиллера Rhoss chiller TCSEY 105 Н

Контрольные вопросы

1. В чем состоит назначение чиллера?
2. Каковы основные элементы чиллера Rhoss chiller TCSEY 105 Н?
3. В чем состоит принцип работы чиллера?

Литература: [2,3].

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЧИЛЛЕР-ФЭНККОЙЛ

Цель работы – изучение устройства и принципа работы системы чиллер-фэнкойл, проведение испытания и определение воздухо- и холодопроизводительности фэнкойла.

Содержание работы

При работающем чиллере определяется холодопроизводительность фэнкойла при различных режимах его работы. При этом выполняются замеры параметров воздуха (температура воздуха по «сухому» и «мокрому» термометрам) на входе и выходе из фэнкойла, а также значение динамического давления воздуха на выходе из фэнкойла.

По результатам замеров производят сравнение полученных данных с паспортными значениями холодопроизводительности фэнкойла и дают заключение об эффективности его работы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основной технической характеристикой фэнкойла является его производительность по воздуху и холоду (в режиме кондиционирования).

В процессе эксплуатации фэнкойла очень часто фактические значения воздухо- и холодопроизводительности отличаются от паспортных значений.

Так, например, снижение холодопроизводительности может наблюдаться в результате загрязнения поверхности испарителя, неэффективного режима работы системы «чиллер-фэнкойл» и обработки воздуха.

Для проверки эффективности работы фэнкойла проводят специальные испытания.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ЗАМЕРОВ

Основным элементом установки (рис. 5) является чиллер 1, снабженный воздухопроводами для входа 11 и выхода 12 наружного воздуха. Конструкция чиллера включает в себя панель управления 9, вводной выключатель 8, патрубки 13 и 14 для подачи холодоносителя (воды), а также патрубков 15 для слива и заполнения чиллера водой из водопровода.

Другим основным элементом установки является фэнкойл 2, соединенный системой подающего 3 и обратного 4 трубопроводов с чиллером для подачи холодоносителя. Испытание фэнкойла проводится при температуре холодоносителя в диапазоне 4 – 20 °С.

Для определения воздухо- и холодопроизводительности фэнкойла необходимо произвести замеры:

- параметров обрабатываемого воздуха на входе 17 в фэнкойл t_{c1} , t_{m1} , и на выходе 16 из него - t_{c2} , t_{m2} ;
 - параметров наружного воздуха t_{c3} , t_{m3} , на входе в чиллер по воздухопроводу 11 и на выходе из него t_{c4} , t_{m4} по воздухопроводу 12.
- динамическое давление $P_{\text{дин}}$ воздуха в воздухопроводах 11, 12 и 16.

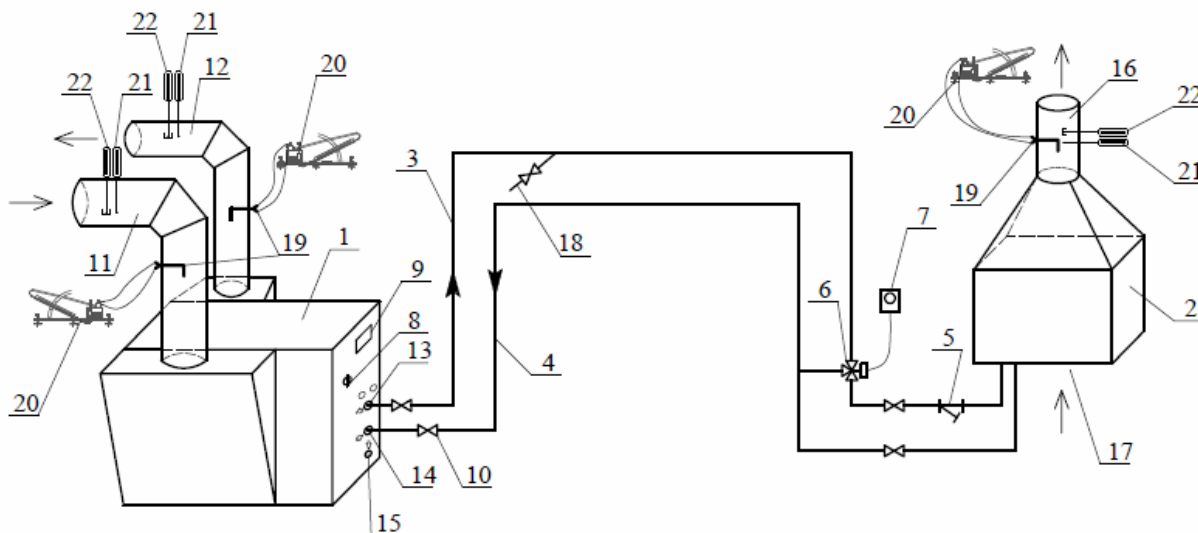


Рис. 5. Принципиальная схема лабораторной установки: 1 - чиллер; 2 - фэнкойл; 3 – подающий трубопровод; 4 – обратный трубопровод; 5 – водяной фильтр; 6 – трехходовой смесительный клапан; 7- терморегулятор; 8 – вводной выключатель; 9 – панель управления; 10 – вентиль; 11, 12 – воздухопроводы; 13, 14 - патрубки для отвода и подачи холодоносителя; 15 – патрубок для слива и наполнения чиллера водой; 16 - выход воздуха из фэнкойла; 17 – вход воздуха в фэнкойл; 18 – патрубок для наполнения системы водой; 19 – трубка Пито; 20 – микроманометр; 21 – «сухой» термометр; 22 – «мокрый» термометр.

Измерение значений t_c , t_m производится с помощью психрометра после выхода работы установки на стационарный режим.

Измерение воздухопроизводительности чиллера и фэнкойла производится с помощью трубки Пито 19 по величине динамического давления $P_{\text{дин}}$.

Получение и обработка опытных данных

Замеры производят в двух режимах работы фэнкойла с установлением температуры на выходе из чиллера с помощью терморегулятора 7, соединенного импульсной линией с трехходовым смесительным клапаном 6.

Изменение режима работы чиллера осуществляется посредством установки температуры воды на панели управления 9.

Результаты замеров сводят в табл. 3.

По результатам замеров определяют расход воздуха $L_{\text{в.ф.}}$, кг/ч, обрабатываемого в фэнкойле:

$$L_{\text{в.ф.}} = 3600 \cdot \rho \cdot F \cdot v_{\text{ср}},$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; F - площадь сечения воздухопровода, м²; $v_{\text{ср}}$ - средняя скорость потока воздуха, м/с.

Затем определяют количество холода, переданное в фэнкойле холодоносителю:

$$Q_{\text{хол.ф.}} = L_{\text{в.ф.}} \cdot \rho \cdot (I_{\text{вх.ф.}} - I_{\text{вых.ф.}}),$$

где $I_{\text{вх.ф.}}$ – энтальпия воздуха на входе в фэнкойл, кДж/кг; $I_{\text{вых.ф.}}$ – энтальпия воздуха на выходе из фэнкойла, кДж/кг.

Количество теплоты, переданное наружному воздуху при охлаждении конденсатора чиллера определяется по выражению:

$$Q_{\text{тепл.ч.}} = L_{\text{в.ч.}} \cdot \rho \cdot (I_{\text{вх.ч.}} - I_{\text{вых.ч.}}),$$

где $L_{\text{в.ч.}}$ – расход воздуха, подаваемого центробежным вентилятором чиллера для охлаждения конденсатора, $I_{\text{вх.ч.}}$ – энтальпия воздуха на входе в чиллер, кДж/кг; $I_{\text{вых.ч.}}$ – энтальпия воздуха на выходе из чиллера, кДж/кг.

Таблица 3

Протокол измерений

Режим	Вход воздуха в фэнкойл			Выход воздуха из фэнкойла		Вход наружного воздуха в чиллер			Выход наружного воздуха из чиллера	
	$t_{C1},$ °C	$t_{M1},$ °C	$P_{\text{дин1}},$ Па	$t_{C2},$ °C	$t_{M2},$ °C	$t_{C3},$ °C	$t_{M3},$ °C	$P_{\text{дин3}},$ Па	$t_{C4},$ °C	$t_{M4},$ °C
1										
2										
3										

После выполнения расчетов производится сравнение значений $Q_{\text{хол.ф.}}$ и $Q_{\text{тепл.ч.}}$ между собой и с известными паспортными характеристиками чиллера и фэнкойла.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- описание лабораторной установки;
- краткое изложение методики проведения эксперимента;
- обработку результатов;
- выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. каковы основные характеристики работы чиллера и фэнкойла?
2. Какова методика проведения замеров в системе чиллер-фэнкойл?
3. Каким образом экспериментально определяли значения L и Q ?

Литература: [2,3].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА ACWH-30-3

Цель работы - ознакомление с конструктивным исполнением центрального кондиционера ACWH и принципом его работы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Типоразмерный ряд центральных кондиционеров ACWH производит подачу воздуха от 1500 до 100000 м³/ч, обеспечивая при этом возможность очистки наружного воздуха, нагрев и охлаждение рециркуляционного и наружного воздуха, а также увлажнение воздуха, подаваемого в помещение.

Основные технические характеристики кондиционера ACWH-30-3:

- расход воздуха – 2000 м³/ч;
- напор воздуха (свободный) – 600 Па;
- теплопроизводительность - 26 кВт;
- холодопроизводительность – 2,9 кВт;
- влагопроизводительность – 12-18 кг/ч;
- расчетная температура приточного воздуха (при отсутствии рециркуляции): зимний режим ($t_n = -25$ °С, теплоноситель 95-70 °С) - +20 °С; летний режим ($t_n = +33$ °С, теплоноситель 7/12 °С) - +18 °С;
- эффективность очистки наружного воздуха – 85 %;
- установленная мощность – 2,45 кВт, в том числе вентагрегата – 2,2 кВт.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка кондиционирования воздуха ACWH-30-3 (рис. 6) состоит из каркаса 1, включающего двухслойные модульные панели толщиной 25 мм. Герметизирующими прокладками обеспечивается необходимая воздухопроницаемость. Доступ к элементам кондиционера обеспечивается через съемные боковые панели 2. Основными элементами в составе кондиционера ACWH являются следующие секции: смесительная секция 3 с воздушным клапаном 4 и электроприводом 5 типа Velimo LM-230; плоский фильтр 6 типа EU3; водяные теплообменники нагрева и охлаждения 7 и 8 с медными трубками и алюминиевым оребрением; тепловлагообменник роторный пластинчатый 9, состоящий из ротора 10 и поддона 11 с патрубками подачи 12 и отвода 13 жидкости; вентиляторная секция 14, включающая вентагрегат, монтируемый на antivибрационных прокладках 15. Улитка, рабочее колесо и рама вентагрегата выполнены из гальванизированной стали.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.

Наружный воздух, пройдя через воздушный клапан 4 попадает в смесительную секцию 3, и затем очищается в плоском фильтре 6. В холодный пе-

риод года работает воздухонагреватель 7, в котором в результате взаимодействия с поверхностью теплообменника, приточный воздух нагревается до требуемых параметров. В теплый период года – охлаждается и осушается в воздухонагревателе 8. При прохождении воздуха через секцию теплообмена 9, происходит взаимодействие обрабатываемого воздуха с жидкостью, за счет вращения роторного пластинчатого теплообменника.

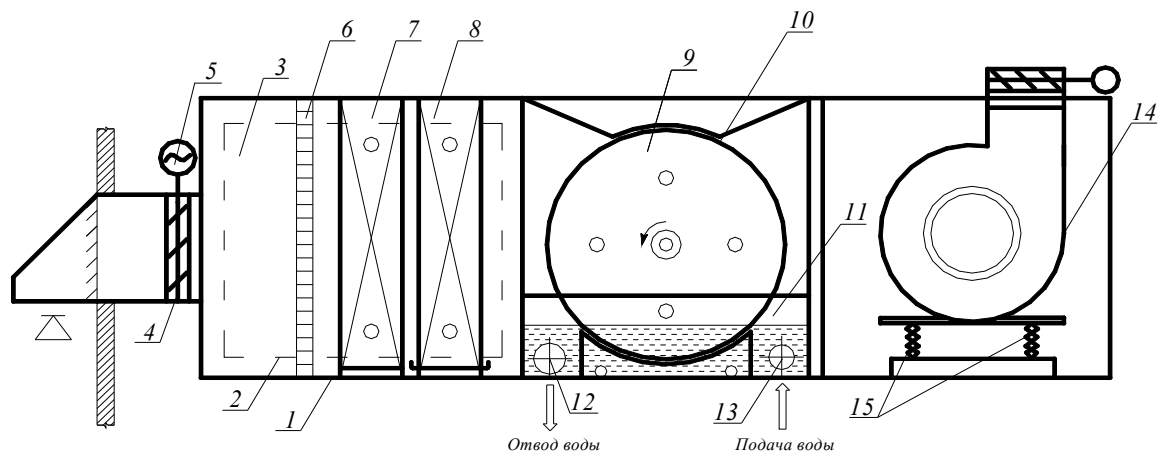


Рис. 6. Принципиальная схема устройства центрального кондиционера АСВН-30-3:
 1 – каркас кондиционера; 2 – съемные боковые панели; 3 – смесительная секция; 4 – воздушный клапан; 5 – электропривод; 6 – плоский фильтр; 7 – воздухонагреватель; 8 – воздухоохладитель; 9 – РПТМ; 10 – роторная насадка; 11 – поддон; 12, 13 – патрубки подачи и отвода жидкости; 14 – вентагрегат; 15 – анти-вибрационные прокладки; 16 – жалюзийный клапан с ручным приводом

При осуществлении изоэнтальпийного процесса обработки воздуха происходит взаимодействие воздуха с жидкостью, имеющей температуру «мокрого» термометра и находящейся в поддоне 11. В процессе увлажнения воздуха производятся периодические добавления жидкости в поддон, для поддержания его постоянного уровня.

При осуществлении политропических процессов, например, охлаждения и осушки воздуха, необходимо в поддон 11 подавать воду с холодильной станции, для чего используются патрубки 12 и 13.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- краткое изложение устройства и принципа работы центрального кондиционера АСВН.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит назначение центрального кондиционера?
2. Каковы основные элементы кондиционера АСВН-30-3?
3. Как работает центральный кондиционер в холодный и теплый периоды года?

Литература: [1]

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ РОТОРНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛОМАССОБМЕННИКА

Цель работы - изучение конструкции роторного пластинчатого теплообменника (РПТМ) и определение эффективности его работы.

Содержание работы

При работающем РПТМ определяют параметры воздуха по "сухому" и "мокрому" термометрам до и после РПТМ, температуру воды и динамическое давление в воздуховоде. В результате измерений и расчетов определяется адиабатический коэффициент эффективности E_a и его зависимость от расхода через РПТМ.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Тепловлажностная обработка воздуха для систем кондиционирования воздуха производится в различных типах контактных аппаратов - форсуночных камерах, поверхностных орошаемых теплообменниках, которые в настоящее время получили наибольшее распространение. Одновременно ведется поиск новых видов теплообменного оборудования, одним из которых является РПТМ. В нем взаимодействие воздуха происходит с тонкой пленкой жидкости, образующейся на поверхности пластин роторной насадки.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ЗАМЕРОВ

На рис. 7 представлена принципиальная схема лабораторной установки, включающей центральный кондиционер АСВН-30-3, в составе которого находится исследуемый РПТМ.

Теплообменник состоит из корпуса 1, в котором размещен вращающийся ротор, представляющий собой тонкие диски с хорошо смачиваемой поверхностью, закрепленные на валу с зазором между ними 2-2,5 мм. Зазор между дисками фиксируется посредством шайб на валу 9 и шпильках 10, расположенных ближе к окружности диска 2. Направление вращения ротора показано на рис. 6. В верхней части корпуса 1 установлены перегородки 3, позволяющие исключить проскок воздуха в верхней части РПТМ.

При вращении ротора нижняя часть насадки смачивается в поддоне 4, а верхняя находится в потоке обрабатываемого воздуха. Расход воздуха определяется по величине динамического давления, замеряемого с помощью микроманометра 24 типа ММН-240.

Температура воздуха замеряется по "сухому" и "мокрому" 25 и 26 термометрам до и после РПТМ после выхода работы установки на стационарный режим.

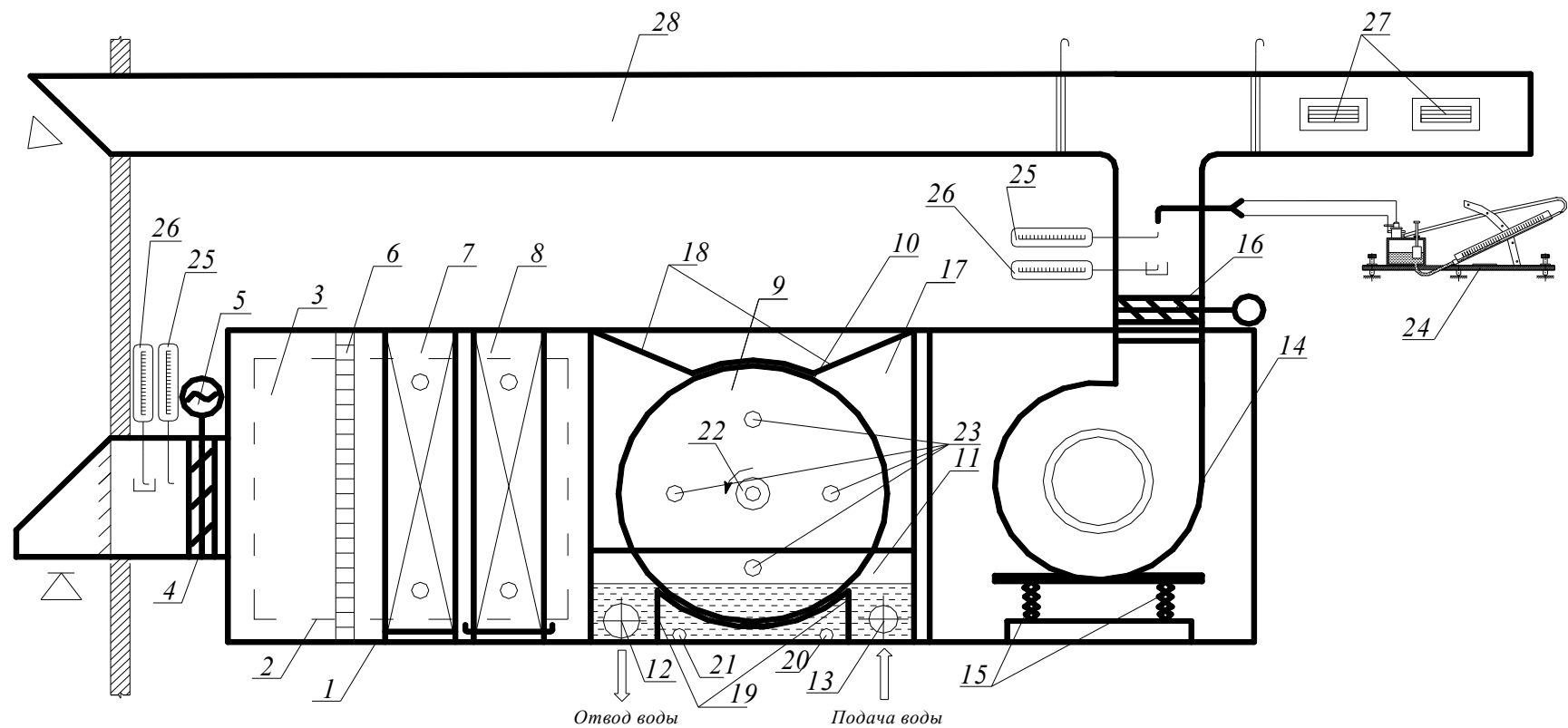


Рис. 7. Принципиальная схема лабораторной установки: 1 – каркас кондиционера; 2 – съемные боковые панели; 3 – смесительная секция; 4 – воздушный клапан; 5 – электропривод; 6 – плоский фильтр; 7 – воздушонагреватель; 8 – воздухоохладитель; 9 – РПТМ; 10 – роторная насадка; 11 – поддон; 12, 13 – патрубки подачи и отвода жидкости; 14 – вентагрегат; 15 – antivибрационные прокладки; 16 – жалюзийный клапан с ручным приводом; 17 – корпус; 18 – перегородка; 19 – перегородка для поддержания уровня воды; 20, 21 – патрубки для слива и подпитки воды; 22 – вал; 23 – монтажные шпильки; 24 – микроманометр ММН-240; 25 – «сухой» термометр; 26 – «мокрый» термометр; 27 – жалюзийные решетки; 28 – воздуховод

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Опыты проводятся при трех различных значениях производительности РПТМ.

Регулирование расхода воздуха производится с помощью жалюзийного клапана *II*.

Получаемые опытные данные значений параметров взаимодействующих сред заносят в табл. 4.

По результатам замеров строят процесс обработки воздуха на *I-d*-диаграмме и определяют коэффициент адиабатической эффективности E_a :

$$E_a = (t_{c1} - t_{c2}) / (t_{c1} - t_{m. cp}).$$

Расход воздуха, кг/ч, определяют по формуле

$$L_{воз} = 3600 \cdot v_{cp} \cdot \rho \cdot F,$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; F - площадь поперечного сечения замерного участка, м².

$$v_{cp} = 4,04 \sqrt{P_{дин}} \text{ при } P_{дин}, \text{ кг/м}^2;$$

$$v_{cp} = 1,29 \sqrt{P_{дин}} \text{ при } P_{дин}, \text{ Па,}$$

где $P_{дин}$ - динамическое давление.

Таблица 4

Протокол испытаний

№ серии	№ опыта	Параметры воздуха до РПТМ		Параметры воздуха после РПТМ		Параметры воды $t_{ж},$ °С	Динамическое давление $P_{дин},$ кг/ч	Расход воздуха $L_{воз},$ кг/ч	Значение E_a	Среднее значение $E_{a(ср)}$
		$t_{c1},$ °С	$t_{m1},$ °С	$t_{c2},$ °С	$t_{m2},$ °С					
1	1									
	2									
	3									
2	1									
	2									
	3									
3	1									
	2									
	3									

Строят график зависимости E_a от $L_{воз}$ и производят его анализ.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе включает:

- формулирование цели работы;
- описание лабораторной установки;

- краткое изложение методики проведения эксперимента;
- обработку результатов;
- выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Как устроен РПТМ?
2. Каким образом происходит процесс обработки воздуха? За счет чего воздух охлаждается?

Литература: [1].

Список литературы

1. *Богословский В.Н.* Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров; Под ред. В. Н. Богословского. - М.: Стройиздат, 1985. - 367 с.
2. Руководство по эксплуатации. Чиллеры *RHOSS CHILLER Clima Evolution*. Каталог компании *RHOSS s.p.a.*, Италия, 2011 г. – 29 с.
3. *Белова Е.М.* Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Изд.Евроклимат, 2003 г.- 400 с.

Публикуется в авторской редакции

Минимальные систем. требования:
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 21.11.2018

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru