

**ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«БЕЛГОРОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**Тема: «Особенности применения современных
образовательных технологий и ИКТ во время проведения
практических занятий по профессиональному модулю
«Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь
по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и
кондиционирования» специальности 15.02.13 «Техническое
обслуживание и ремонт систем вентиляции и
кондиционирования»**

Автор: Чернова Ю.А.

**преподаватель дисциплин
профессионального цикла**

г. Белгород, 2022 год

Тема опыта: «Особенности применения современных образовательных технологий и ИКТ во время проведения практических занятий по профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» специальности 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования» (Из опыта работы).

Автор опыта: Чернова Юлия Александровна, преподаватель дисциплин профессионального цикла ОГАПОУ «Белгородский строительный колледж»

Содержание

1.	Раздел 1.Информация об опыте.....	3
2.	Раздел 2.Технология описания опыта.....	8
3.	Раздел 3. Результативность опыта.....	12
4.	Библиографический список.....	14
	Приложения	15

Раздел 1. Информация об опыте

1.1. Условия возникновения, становления опыта

В условиях развития современного общества подготовка специалиста любого профиля непременно включает формирование информационной компетентности, проявляющейся в готовности и способности специалиста использовать средства и возможности современных информационных и коммуникационных технологий в профессиональной деятельности с целью повышения её эффективности.

Одним из основных составляющих профессиональной компетентности современного специалиста является информационная компетентность, предполагающая умение работать с компьютерной техникой, использовать современное программное обеспечение, предназначенное для решения профессиональных задач, способность получать необходимую информацию с использованием сетевых технологий. Кроме того, современный специалист должен обладать определенными личными качествами, быть способным к самообразованию, чтобы соответствовать уровню развития информационных технологий. Эти требования, предъявляемые Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования к подготовке специалиста среднего звена, должны быть реализованы, как следствие при помощи новые подходов к организации учебного процесса, опирающиеся на прогрессивные информационные технологии.

Профессиональная компетентность автора опыта в использовании ИКТ-технологий (программы Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, AutoCAD и использование Интернет-ресурсов.) Так же во время практических занятий использование ПО «Зарница» программы «Conditioning» и «VentSystem», современное оборудование аудитории (интерактивный светодинамический стенд «Система вентиляции, пылеудаления и кондиционирования умного дома») и необходимость повышения качества знаний обучающихся создали реальную перспективу использования в образовательном процессе мультимедиа технологии.

Использование инновационных технологий в образовательном процессе делает обучение более содержательным, зрелищным и приводит к целому ряду положительных действий:

- повышает эффективность учебного процесса и мотивацию обучения;
- облегчает понимание и восприятие материала обучающимся;
- сокращает время на подачу учебного материала;
- развивает активность и самостоятельность обучающихся;
- способствует развитию внимания, памяти обучающихся, информационно-коммуникативной компетенции, логического мышления;
- возможность использовать большой объем ранее недоступной информации (производственные процессы, технологии, нормативной документации).

1.2. Актуальность опыта

Современное развитие общества характеризуется внедрением информационных технологий во все сферы деятельности человека.

Всесторонняя информатизация страны является одним из важнейших показателей ее развития. В процессе адаптации человека к этому новому цифровому миру большая роль отводится обучению.

Уровень знаний, умений и навыков приобретенных обучающимися зависит не только от того, насколько грамотно и доступно излагает преподаватель изучаемый материал, но и от того как построено занятие, от примененных методов обучения, от умелого вовлечения обучающихся в активную умственную деятельность, от степени самостоятельности обучающихся в процессе работы на занятие и дома

Практическое занятие - это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. И если на занятие основное внимание обучающихся сосредотачивается на разъяснении теории конкретной учебной дисциплины, то практические занятия служат для обучения методам ее применения. Практические занятия ведутся

параллельно с изучением всех основных курсов, логически продолжая работу, начатую на занятии.

Главной целью практических занятий является усвоение метода использования теории, приобретение профессиональных умений, а также практических умений, необходимых для изучения последующих дисциплин. Так же развитие познавательной, творческой деятельности, пониманию сущности и значимости своей профессии, а так, как работа предусматривает самостоятельное ее выполнение, то формируются и общие компетенции: организация собственной деятельности, принятия решений при выполнении стандартных и нестандартных задач.

Таким образом, актуальность данного педагогического опыта обуславливается противоречием между необходимостью формирования информационной компетентности студентов в будущей профессиональной деятельности с одной стороны, и с другой стороны, отсутствием методов, форм и средств обучения, обеспечивающих эффективную работу по использованию средств информационных технологий в будущей профессиональной деятельности специалистов среднего звена; между высокими требованиями потребителей образовательных результатов к уровню информационной компетенции будущих квалифицированных специалистов и низким уровнем ее сформированности в учреждениях среднего профессионального образования.

1.3. Ведущая педагогическая идея опыта

Ведущая педагогическая идея опыта заключается в создании условий для внедрения современных образовательных технологий и ИКТ во время проведения практических занятий по профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» специальности 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования» для эффективного формирования информационной компетентности специалиста среднего звена в процессе обучения.

1.4 Длительность работы над опытом

Работа над опытом охватывает период с 2020 года по 2023 год. Работа велась поэтапно до момента выявления результативности. Начальный этап предполагал обнаружение проблемы, сбор информации по проблеме, анализ методической литературы. На формирующем этапе проводилась диагностическая работа. На заключительном этапе обобщался опыт. Проводимая диагностика доказала успешность выбранной технологии для решения педагогической проблемы.

1.5. Диапазон опыта

Диапазон опыта представлен методической работой преподавателя по заявленной теме: разработаны методические указания для выполнения практических занятий профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования».

1.6. Теоретическая база опыта

Компьютер в учебном процессе – не механический педагог, не заместитель или аналог преподавателя, а активное средство развития, усиливающее и расширяющее возможности его познавательной деятельности. А педагогу компьютер предоставляет возможность высвобождения времени для творческой деятельности и создания индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся. Применение ИКТ способствует ускорению процесса обучения, росту интереса обучающихся к предметам специального цикла, улучшают качество усвоения материала, позволяют индивидуализировать процесс обучения и дают возможность избежать субъективности оценки. Уроки с использованием ИКТ отличаются разнообразием, повышенным интересом обучающихся к изучаемым предметам, эффективностью.

Интенсивное внедрение информационных процессов в образовательную среду требует новой модели системы образования на основе современных информационных технологий. Необходимо создать условия, в которых обучающийся мог бы раскрыть свой творческий

потенциал полностью, развивать свои способности, воспитать в себе потребность непрерывного самосовершенствования и ответственности за собственное воспитание и развитие. Эффективность любого вида обучения, и в первую очередь производственного, зависит от ряда составляющих: технической базы, эффективности разработанных методических материалов, технологий обучения, оснащением учебных кабинетов новыми инновационными технологиями, используемыми при организации обучения.

Современный рынок электронных образовательных ресурсов развивается очень быстро. Преподавателю предлагается большой выбор педагогических программных средств (ППС). С каждым днем возможности ресурсов, нацеленных на существенное повышение эффективности образовательного процесса в целом, многократно возрастают. В связи с этим возникают принципиальные вопросы: применение каких ППС отвечает задачам современного образования, где и как их надо использовать, какие возможности они должны предоставлять обучающимся для того, чтобы стать помощниками на пути познания, саморазвития личности.» [1]

1.7. Новизна опыта

Новизна опыта состоит в разработке технологии внедрения современных образовательных технологий и ИКТ во время практических занятий студентов специальности 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования». Разработан алгоритм проведения практических занятий с ИКТ конкретно для студентов данной специальности.

1.8. Характеристика условий, в которых возможно применение данного опыта

Материалы данного опыта могут быть использованы в организациях среднего профессионального образования с обучающимися 2 курса при проведении практических занятий.

Раздел 2. Технология описания опыта

2.1. Цель опыта

Цель опыта: освещение особенностей применения современных образовательных технологий и ИКТ во время проведения практических занятий по профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» в специальности 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования».

Достижение планируемых результатов предполагает решение следующих задач:

1. Интеграция современных информационно-коммуникационных технологий и технологий обучения во время практических занятий.
2. Повышение результатов учебных достижений обучающихся за счет овладения дополнительными навыками использования ИКТ во время практических занятий.
3. Разработка алгоритма проведения практических занятий по специальным предметам с внедрением современных технологий в форме методических указаний.

Для решения поставленных задач применялись следующие методы исследования: теоретические (изучение психолого-педагогической, методической литературы по проблеме исследования, изучение и обобщение педагогического опыта); эмпирические (педагогическое наблюдение, самоанализ).

Целью изучения студентами профессионального модуля «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» развитие навыков выполнять и самостоятельно решать производственные задачи, производить настройку и регулировку оборудования, уметь выявлять и устранять возможные неисправности, проводить техническое обслуживание. Этому способствуют

лабораторно-практические занятия, позволяющие расширить и углубить теоретические знания по устройству и работе вентиляционного оборудования, приобрести первоначальные умения и навыки по разборке, сборке и регулировке узлов и систем вентиляции и кондиционирования. Они обеспечивают необходимую связь между теоретическим и производственным обучением, активизируют учебный процесс, развивают самостоятельность и техническое мышление студентов, воспитывают аккуратность и дисциплину труда.

Задачей профессионального модуля согласно ФГОС СПО являются овладения одной или несколькими профессиями рабочих, в частности профессией 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования.

Рабочая программа профессионального модуля включает в себя изучение дисциплины «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» и прохождение учебной и производственной практик.

Дисциплина «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» включает два раздела, которые позволят в полном объеме освоить материал предмета во время теоретических и практических занятий.

Во время практических занятий студенты должны освоить навыки:

1. обслуживания систем вентиляции и кондиционирования при помощи современных ИКТ технологий, в частности учебно-лабораторного оборудования «Вентиляционные сети» и ПО «Зарница» программы «VentSystem».;
2. обслуживание систем кондиционирования на примере учебно-лабораторного оборудования «Исследование принципа работы кондиционера» и ПО «Зарница» программы «Conditioning»;
3. расширить теоретические знания об оборудовании систем вентиляции и кондиционирования при помощи интерактивного

светодинамического стенда «Система вентиляции, пылеудаления и кондиционирования умного дома»;

4. повысить свою квалификацию за счет использование современных ИКТ ресурсов. (Приложение 1)

На начальной стадии освоения студентами дисциплины «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» ставится цель - формирование у студентов положительной мотивации к учебной деятельности в контексте изучаемой дисциплины. Основным средством достижения этой цели является постановка перед студентами профессионально-ориентированной задачи, решаемой в процессе имитационного моделирования профессиональной деятельности.

В своей педагогической деятельности автором используются следующие средства обучения:

1. Презентации – это последовательность слайдов, которые могут включать в себя анимацию, аудио- и видеофрагменты, элементы интерактивности. Для создания презентаций используются такие программные средства, как PowerPoint. Эти компьютерные средства интересны тем, что их может создать любой педагог, имеющий доступ к персональному компьютеру, причем с минимальными затратами времени на освоение средств создания презентации. Презентации активно используются и для представления проектов, курсовых работ, выпускных квалификационных работ. На таких занятиях реализуются принципы доступности, наглядности, уроки эффективны своей эстетической привлекательностью, обеспечивают получение большого объема информации, возможность вернуться к предыдущему слайду.

2. Электронные энциклопедии являются аналогами обычных справочно-информационных изданий: энциклопедий, словарей, справочников и т.д.

3. Программные системы контроля знаний, к которым относятся опросники и тесты. Главное их достоинство – быстрая, удобная и автоматизированная обработка полученных результатов.

5. Электронные учебники и учебные курсы. Использование образовательных электронных изданий повышают интерес обучающихся и позволяют экономить время на уроке, сочетать различные формы работы: фронтальную и индивидуальную, практическую и лекционную. Например, образовательная платформа «Академия-медиа».

6. Средства обучения on-line применяются в реальном времени с использованием ресурсов сети Интернет.

В профессиональной деятельности автор активно использует обучающие, информационно-поисковые, справочные, демонстрационные, имитационные, лабораторные, моделирующие и расчетные средства ИКТ.

При этом студенты овладевают:

- обучающими средствами ИКТ и самостоятельно составляют презентации в Power Point;

- демонстрационными навыками и умениями, в том числе, путем визуализации чертежей в программе AutoCAD с целью изучения сложных элементов систем вентиляции и кондиционирования.

Все это позволяет иметь высокие результаты учебных достижений обучающихся.

Собственная система приемов и методов заключается в индивидуальном подходе к каждому обучающемуся на базе научно-производственного опыта и знаний, необходимых ИКТ средств, с использованием современных образовательных технологий при интеграции ИКТ. При этом обязательно учитываются индивидуальные возможности и самооценка обучающихся.

Раздел 3. Результативность опыта

Основной целью педагогического опыта являлось освещение особенностей применения современных образовательных технологий и ИКТ во время проведения практических занятий по профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» в специальности 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования».

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. На основании проведенного анализа научной литературы и практики обучения студентов ОГАПОУ «Белгородский строительный колледж» профессиональному модулю «Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» и дисциплине «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» разработан алгоритм проведения практических занятий с использованием ИКТ технологий.

2. Выявлены основные принципы (наглядности и доступности, системности и последовательности знаний, сознательности, профессиональной ориентированности, индивидуально-творческого подхода), этапы (мотивационный, содержательно-операционный, оценочно-рефлексивный) и условия (ориентация на творческую деятельность, ресурсное обеспечение процесса обучения специальности и др.) формирования основных и профессиональных компетентности студентов при обучении дисциплины профессионального цикла.

3. Разработаны методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования», которые способствует формированию основных навыков и умений студентов для применения в будущей профессиональной деятельности,

Проведенный анализ и полученные результаты наглядно демонстрируют, что задачи опыта выполнены, цель достигнута.

Библиографический список.

1. Об образовании в Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 21.07.2014) // Собрание законодательства РФ, 31.12.2012, N 53 (ч. 1), ст. 7598.2012.

2. Богатырева, Ю. И. Информационные и коммуникационные технологии в науке и образовании: Учеб.-метод. пособие для магистров, аспирантов, соискателей, молодых ученых и слушателей курсов повышения квалификации / Ю. И. Богатырева.– Тула: Изд-во Тул. гос. пед. унта им. Л. Н. Толстого, 2010.– 122 с

3. Горбунова, Т. В. Инновационное моделирование формирования информационной компетенции будущих специалистов [Текст] / Т. В. Горбунова, Е. А. Косорукова // Сибирский педагогический журнал. - 2014. – N 3. - С. 87-92.

Интернет-ресурсы

1. Электронный ресурс. Белик О.П. Информационно-коммуникационные технологии в образовательном процессе среднего профессионального образования. Форма доступа: <https://multiurok.ru/files/informatsionno-kommunikatsionnye-tekhnologii-v-obr.html>.

**ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«БЕЛГОРОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
обучающимся по выполнению практических занятий**

ПМ.04. Выполнение работ по профессии рабочего 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования

МДК 04.01. «Технология выполнения работ по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования»

специальность 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования»

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению практических занятий по ПМ.04. «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих» МДК 04.01 «Профессиональная подготовка по профессии 18526 Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования» специальность 15.02.13 «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования» Рекомендации выполнены в соответствии с примерной и рабочей программами, календарно - тематическим планом по вышеназванной дисциплине.

Методические рекомендации содержат информацию по основам расчета, выполнению оформления нормативных документов с целью углубления знаний студентов, а также задания для самостоятельной работы на каждом практическом занятии.

Дополнительно к ним изображаются схемы, выполняются теоретические исследования.

Требования к оформлению и защите практических и самостоятельных работ.

- Практические работы оформляются на листах формата А – 4 в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД и сдаются в обязательном порядке в виде папки с титульным листом стандартной формы.

- Каждая работа сдается отдельно, по выполнению работы проводится индивидуальная беседа.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Тема рабочей программы	Тема практической работы	Часов
1	Тема 1. Обслуживание систем вентиляции и кондиционирования	Практическая работа №1 «Изучение приборов и методов определения давления»	2
		Практическая работа №2 «Исследование эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки пито. Определение расхода по эпюре скорости»	2
		Практическая работа №3 «Изучение характеристик вентилятора»	2
		Практическая работа №4 «Исследование характеристик трубопровода различного типа»	2
		Практическая работа №5 «Исследование потерь напора на местном сопротивлении - регулируемой задвижке»	2
		Практическая работа №6 «Исследования характеристик диффузора»	2
2	Тема 2. Ремонт систем кондиционирования вентиляционных воздуха	Практическая работа №7 «Изучение работы кондиционера на примере сплит-системы»	2
		Практическая работа №8 «Исследование работы сплит-системы в режиме охлаждения»	2
		Практическая работа №9 «Исследование работы сплит системы в режиме подогрева (теплового насоса)»	2
		Практическая работа №10 «Расчет холодильного коэффициента кондиционера»	2
		Практическая работа №11 «Изучение холодильного цикла парокомпрессорной холодильной машины»	2
		Практическая работа №12 «Поиск неисправностей в сплит-системе»	2
Итого			24

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК

Оценка	Критерии
«Отлично»	Ответы на все вопросы полные и правильные. Материал систематизирован и излагается четко. Задача решена верно.
«Хорошо»	Допущены в ответах отдельные неточности, исправленные с помощью преподавателя. Наблюдается некоторая несистематичность в изложении. Задача решена верно.
«Удовлетворительно»	Заметная неполнота ответа, допущенные ошибки и неточности не всегда исправляются с помощью преподавателя. Не во всех случаях объясняются изложенные факты, наблюдается непоследовательность в изложении. Задача решена с арифметическими ошибками.
«Неудовлетворительно»	Теоретически к сдаче практической работы не подготовлен, изложение носит трафаретный характер, имеются значительные нарушения последовательности изложения мыслей. Грубые ошибки в решении задачи.

Практическая работа №1

«Изучение приборов и методов определения давления»

1. Цель работы

Изучение приборов экспериментального определения давлений в различных точках системы.

2. Теоретические сведения

Для замера скоростей потока пользуются напорными трубками Пито-Прандтля (рисунок 1). Также используют анемометры (рисунок 2), но из-за большого размера их, как правило, используют для измерения на выходе воздуховода. Также стоит отметить, что анемометр измеряет не давление, а скорость движения воздушного потока.

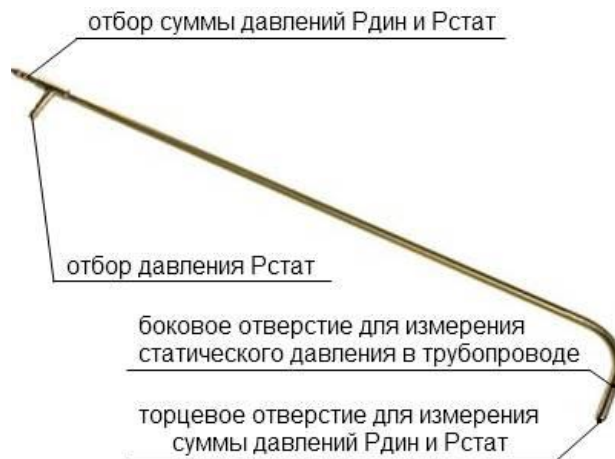


Рисунок 1- Трубка Пито-Прандтля.



Рисунок 2- Слева анемометр с несъемной крыльчаткой, справа анемометр с направляемой крыльчаткой

Внутренняя трубка, открытая с торца навстречу потоку, воспринимает общее давление, равное сумме статического и скоростного (динамического) давлений. Напорная трубка всегда устанавливается вдоль оси трубопровода, открытым концом навстречу потоку. По разности общего и статического давлений можно определить скоростное (динамическое) давление, обычно обозначаемое через $\Delta p_{\text{ск}}$.

$$\Delta p_{\text{ск}} = p_{\text{общ}} - p_{\text{ст}}$$

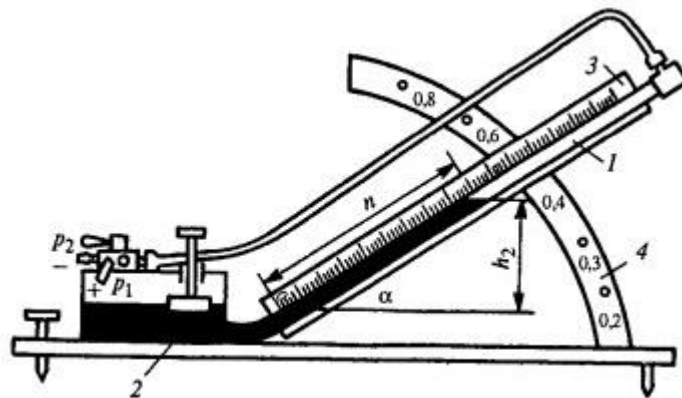
Выведенные наружу (за пределом трубопровода) концы внутренней наружной трубок имеют следующие отличительные знаки: для статического давления знак минус «-», для общего давления знак плюс «+».

Для измерения разности давлений концы трубок присоединяют к дифференциальному манометру, показывающему значение скоростного давления $\Delta p_{\text{ск}}$.

Манометры, показывающие разность двух давлений, называются *дифференциальными манометрами* или сокращенно *дифманометрами*. В целях более точного отсчета скоростного

Микроманометры. Для измерения давления и разности давлений до 3 кПа (300 кгс/м²) используются микроманометры, которые являются разновидностью однотрубных манометров и снабжены специальными приспособлениями либо для уменьшения цены деления шкалы, либо для повышения точности считывания высоты уровня за счет использования оптических или других устройств. Наиболее распространенные лабораторные микроманометры — это микроманометры типа ММН с наклонной измерительной трубкой (рисунок 3). Показания микроманометра определяются по длине столбика рабочей жидкости h в измерительной трубке 1, имеющей угол наклона α .

Микроманометры. Для измерения давления и разности давлений до 3 кПа (300 кгс/м²) используются микроманометры, которые являются разновидностью однотрубных манометров и снабжены специальными приспособлениями либо для уменьшения цены деления шкалы, либо для повышения точности считывания высоты уровня за счет использования оптических или других устройств. Наиболее распространенные лабораторные микроманометры — это микроманометры типа ММН с наклонной измерительной трубкой (рисунок 3). Показания микроманометра определяются по длине столбика рабочей жидкости h в измерительной трубке 1, имеющей угол наклона α .



На рисунке 3 кронштейн 3 с измерительной трубкой 1 крепится на секторе 4 в одном из пяти фиксированных положений, которым соответствуют $k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8$ и пять диапазонов измерения прибора от 0,6 кПа (60 кгс/м²) до 2,4 кПа (240 кгс/м²). Приведенная погрешность измерений не превышает 0,5 %. Минимальная цена деления при $k = 0,2$ составляет 2 Па (0,2 кгс/м²), дальнейшее снижение цены деления, связанное с уменьшением угла наклона измерительной трубки, ограничено снижением точности считывания положения уровня рабочей жидкости из-за растягивания мениска.

Двухтрубные жидкостные манометры. Для измерения давления и разности давлений используют двухтрубные манометры и дифманометры с видимым уровнем, часто называемыми U-образными. Принципиальная схема такого манометра представлена на рисунке 10, а. Две вертикальные трубки 1, 2 металлическом 3, к которому 4. Трубки заполняются жидкостью до нулевой отметки. В трубку 1 подается измеряемое давление, трубка 2 при измерении трубка 2. При измерении трубка 2. При измерении трубка 2.

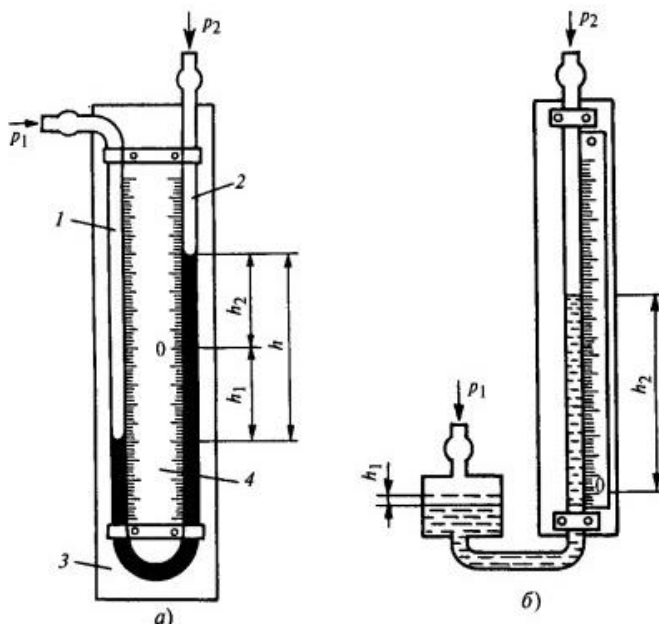


Рисунок 4 - Схемы двухтрубного (а) и однотрубного (б) манометра: 1, 2 — вертикальные сообщающиеся стеклянные трубки; 3 — основание; 4 — шкальная пластина.

В качестве рабочей жидкости используются вода, ртуть, спирт, трансформаторное масло. Таким образом, в жидкостных манометрах функции чувствительного элемента, воспринимающего изменения измеряемой величины, выполняет рабочая жидкость, выходной величиной является разность уровней, входной — давление или разность давлений. Крутизна статической характеристики зависит от плотности рабочей жидкости.

Для исключения влияния капиллярных сил в манометрах используются стеклянные трубки с внутренним диаметром 8... 10 мм. Если рабочей жидкостью служит спирт, то внутренний диаметр трубок может быть снижен.

Двухтрубные манометры с водяным заполнением применяются для измерения давления, разрежения, разности давлений воздуха и неагрессивных газов в диапазоне до ± 10 кПа. Заполнение манометра ртутью измерения расширяет пределы до 0,1 МПа, при этом измеряемой средой может быть вода, неагрессивные жидкости и газы.

При использовании жидкостных манометров для измерения разности давлений сред, находящихся под статическим давлением до 5 МПа, в конструкцию приборов вводятся дополнительные элементы, предназначенные для защиты прибора от одностороннего статического давления и проверки начального положения уровня рабочей жидкости.

Источниками погрешностей двухтрубных манометров являются отклонения от расчетных значений местного ускорения свободного падения, плотностей рабочей жидкости и среды над ней, ошибки в считывании высот h_1 и h_2 .

Плотности рабочей жидкости и среды даются в таблицах теплофизических свойств веществ в зависимости от температуры и давления. Погрешность считывания разности высот уровней рабочей жидкости зависит от цены деления шкалы. Без дополнительных оптических устройств при цене деления 1 мм погрешность считывания разности уровней составляет ± 2 мм с учетом погрешности нанесения шкалы. При использовании дополнительных устройств для повышения точности считывания h_1 , h_2 необходимо учитывать расхождение температурных коэффициентов расширения шкалы, стекла и рабочего вещества.

Однотрубные манометры. Для повышения точности отсчета разности высот уровней используются однотрубные (чашечные) манометры (рисунок 10, б). У однотрубного манометра одна трубка заменена широким сосудом, в который подается большее из измеряемых давлений. Трубка, прикрепленная к шкальной пластинке, является измерительной и сообщается с атмосферой, при измерении разности давлений к ней подводится меньшее из давлений. Рабочая жидкость заливается в манометр до нулевой отметки.

Под действием давления часть рабочей жидкости из широкого сосуда перетекает в измерительную трубку. Поскольку объем жидкости, вытесненный из широкого сосуда, равен объему жидкости, поступившему в измерительную трубку,

Измерение в однотрубных манометрах высоты только одного столба рабочей жидкости приводит к снижению погрешности считывания, которая с учетом погрешности градуировки шкалы

не превышает ± 1 мм при цене деления 1 мм. Другие составляющие погрешности, обусловленные отклонениями от расчетного значения ускорения свободного падения, плотности рабочей жидкости и среды над нею, температурными расширениями элементов прибора, являются общими для всех жидкостных манометров.

У двухтрубных и однострунных манометров основной погрешностью является погрешность считывания разности уровней. При одной и той же абсолютной погрешности приведенная погрешность измерения давления снижается при увеличении верхнего предела измерения манометров. Минимальный диапазон измерения однострунных манометров с водяным заполнением составляет 1,6 кПа (160 мм вод. ст.), при этом приведенная погрешность измерения не превышает ± 1 %. Конструктивное выполнение манометров зависит от статического давления, на которое они рассчитаны.

В данной практической работе используется дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-1А.

3. *Ход работы*

1. Полностью открыть все заслонки. Закрыть заслонки 3В8 и 3В5 Обтекатели диффузоров ДВ1...ДВ3 открыть полностью, выворачивая его против часовой стрелки.
2. Воткнуть вилку питания в сеть 220 В.
3. Включить тумблер питание стенда. Включит питание модуля «ВЕНТИЛЯТОР» используя регулятор частоты вращения. Поверните по часовой стрелке до максимального значения. Индикатор будет показывать частоту вращения вала вентилятора n , об/мин. Измеритель температуры будет показывать температуру в соответствующих каналах.
4. Включить дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-1А. Дождаться выхода прибора на рабочий режим.
5. Подключите гибкие трубки, входящие в комплект поставки к «дифференциальному датчику давления ΔP_3 ». Подключать необходимо «+» на трубке Пито-Прандтля и к «+» на «Дифференциальном датчике ΔP_3 », «-» на трубке Пито-Прандтля к «-» на «Дифференциальном датчике ΔP_3 ».
6. Вставить трубку Пито-Прандтля на входе круглой трубы.
7. Вторую трубку Пито-Прандтля подключить к ДМЦ-1А и установить ее на выходе круглой трубы.
8. **ВНИМАНИЕ! При подключении трубок Пито при проведении всех практических работ соблюдайте осторожность, придерживайте трубки, во избежание поломки крепления трубок.**
9. Измерить дифференциальное давление в указанной преподавателем точке измерения.
10. Записать показания датчиков перепада давления.
11. Датчики перепада давления всегда показывают разность давлений двух точек: $p_{\text{изм.}} = p_{\text{«+»}} - p_{\text{«-»}}$, где $p_{\text{изм.}}$ - показания прибора; $p_{\text{«+»}}$ - значение давления, измеряемое входом прибора «+»; $p_{\text{«-»}}$ - значение давления, измеряемое входом прибора «-».
12. При проведенных измерениях датчики перепада давления показывают разность значений давлений, измеренную по выходам трубки Пито: полное давление — статистическое давление.
13. Необходимо также с помощью трубок Пито-Прандтля измерить статическое давление и полное (рисунок 1)
14. Повторите измерения давлений при закрытии обтекателя 0,5 и 0,1 его хода.

Контрольные задания и вопросы

1. Дать определения: давление абсолютное, избыточное, атмосферное, статическое, динамическое, полное.
2. Зарисовать и дать описание приборов определения давления.
3. Методы определения давления.
4. Провести анализ измерений и сделать вывод.

«Исследование эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито. Определение расхода по эпюре скорости»

1. Цель работы

Исследование эпюр распределения скоростей, изучить способ определения расхода по эпюре скорости.

2. Теоретические сведения

Для замера скоростей потока пользуются напорными трубками Пито-Прандтля. Напорная трубка состоит из двух трубок – внутренней и наружной.

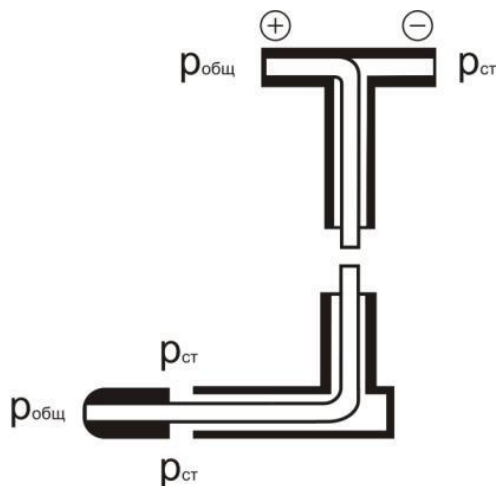


Рисунок 5- Трубка Пито-Прандтля (схема)

Внутренняя трубка, открытая с торца навстречу потоку, воспринимает общее давление, равное сумме статического и скоростного (динамического) давлений. Напорная трубка всегда устанавливается вдоль оси трубопровода, открытым концом навстречу потоку. По разности общего и статического давлений можно определить скоростное (динамическое) давление, обычно обозначаемое через $\Delta p_{ск}$.

$$\Delta p_{ск} = p_{общ} - p_{ст}$$

Выведенные наружу (за пределом трубопровода) концы внутренней и наружной трубок имеют следующие отличительные знаки: для статического давления знак минус «-», для общего давления знак плюс «+».

Для измерения разности давлений концы трубок присоединяют к дифференциальному манометру, показывающему значение скоростного давления $\Delta p_{ск}$.

Манометры, показывающие разность двух давлений, называются *дифференциальными манометрами* или сокращенно *дифманометрами*. В целях более точного отсчета скоростного давления (имеющего иногда очень небольшие значения) правое колено обычно U-образного манометра выполняют в виде наклонной трубки, а левое – в виде сосуда для манометрической жидкости.

Дифференциальные манометры в таком выполнении называются *микроманометрами*.

В данной практической работе используется дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-

1А

Из формулы:

$$\Delta p_{ск} = \frac{w^2 \rho}{2}$$

Где w – скорость потока в точке измерения (м/с);

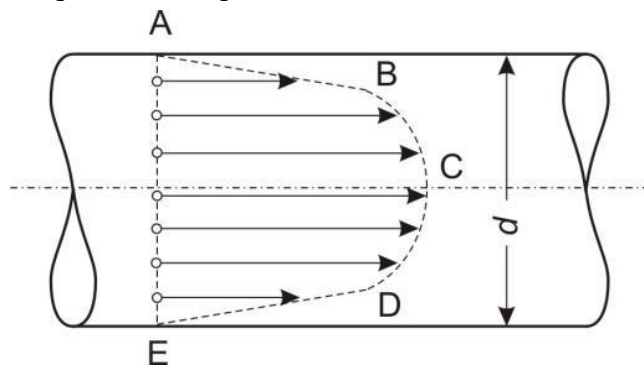
ρ – плотность воздуха (кг/м³).

Для условий эксперимента определить плотность по температуре окружающей среды и давлению.

Находят

$$w = \sqrt{\frac{2\Delta p_{ск}}{\rho}}$$

Для



значение местной скорости:

определения

средней

скорости потока необходимо произвести ряд замеров в разных точках поперечного сечения трубопровода. Если полученные в результате этих измерений значения *локальных скоростей* отложить в масштабе на эскизе продольного разреза трубопровода в точках, соответствующих точкам замеров, и соединить концы векторов скоростей плавной кривой, то получим т.н. профиль или поле скоростей в трубопроводе (рисунок 6).

Рисунок 6- Профиль скоростей в трубе

Для выполнения практической работы необходимо построить эпюру скоростей в точках замера и найти среднюю скорость потока w_{cp} :

$$w_{cp} = (w_1 + w_2 + \dots + w_n) / n$$

Количество газа, проходящего в газоходе в единицу времени рассчитывается по средней скорости газа в газоходе и площади его сечения по формуле:

$$V_r = 3600 \cdot w_{cp} \cdot F$$

где V_r – объемный расход газа в рабочих условиях, м³/ч; w_{cp} – средняя скорость потока, м/с; F – площадь сечения газохода, м²:

$$F = \frac{\pi}{4} d^2$$

где d – диаметр трубы (м).

3. Ход работы

1. Закрыть все заслонки.
2. Открыть заслонки ЗВ3 и ЗВ4.
3. Установить трубку Пито-Прандтля в трубу перед датчиком скорости воздушного потока V2 и выставить в центральное положение.
4. Включить канальный вентилятор регулятором скорости потока на максимум.
5. Включить дифференциальный манометр цифровой ДЦМ-1А либо можно использовать датчик ДР2
6. После установки нуля ДМЦ-1А, подключить гибкие трубки к выходам трубки Пито и установить ее на выходе круглой трубы. Необходимо подключить гибкую трубку к «+» на трубке Пито и ДЦМ-1А и к «-» на трубке Пито и ДЦМ-1А.
7. Снять показания дифференциального манометра для каждой точки.
8. Выдвинуть трубку Пито на указанное расстояние согласно рисунку 7, либо по указанию преподавателя.
9. Снять показания дифференциального манометра, результаты заносить в таблицу.
10. Значения длины погружения трубки Пито и показания прибора занести в таблицу 1.
11. Построить график эпюр распределения скоростей в каждой точке. Рассчитать среднюю скорость потока (w_{cp}). Определить расход (V_r).
12. Необходимо выставить среднюю скорость вентилятора (50%). Повторить замеры.
13. Выключить воздухоудувку.
14. Закрыть все заслонки.
15. Подготовить отчет.

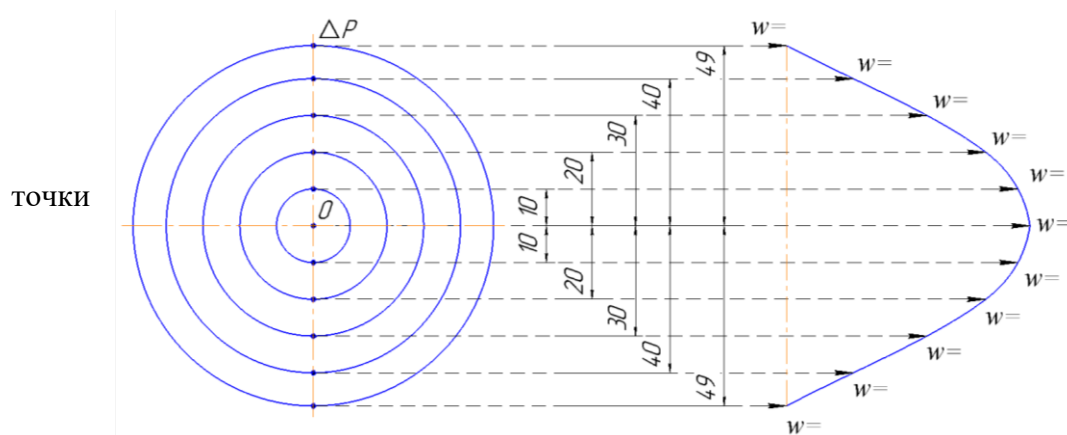


Рисунок 7-
Эпюра потока
воздуха и
отбора

Таблица 1

Ражим работы вентилятора	100%				50%			
Величина погружения трубки (мм)	L1	L2	...	Ln	L1	L2	...	Ln
Скоростное давление $\Delta p_{ск}$								
Скорость воздушного потока м/с	w1	w 2	...	w n	w1	w2	...	wn
Расход, м ³ /ч								

Практическая работа №3 «Изучение характеристик вентилятора»

1. Цель работы

Получение характеристик вентилятора и исследование собственно характеристики на различных режимах работы вентилятора.

2. Теоретические сведения

Вентиляторами называют машины, предназначенные для перемещения газов при атмосферном давлении или близком к нему. Перемещаемый газ подвергается в вентиляторе незначительному сжатию – разность давлений газа после вентилятора и до него не превышает 104 Па (0,1 кгс/см² или 1000 мм вод. ст.), а обычно бывает меньше. По устройству вентиляторы разделяют на центробежные и осевые.

Центробежные вентиляторы создают большую разность давлений, чем осевые.

Сжатие и перемещение газа в центробежном вентиляторе происходит под действием центробежной силы, возникающей при вращении с большей скоростью рабочего колеса вентилятора. Это колесо имеет изогнутые лопасти, между которыми проходит газ, всасываемый рабочим колесом в центре и выбрасываемый с периферии в улиткообразный корпус вентилятора.

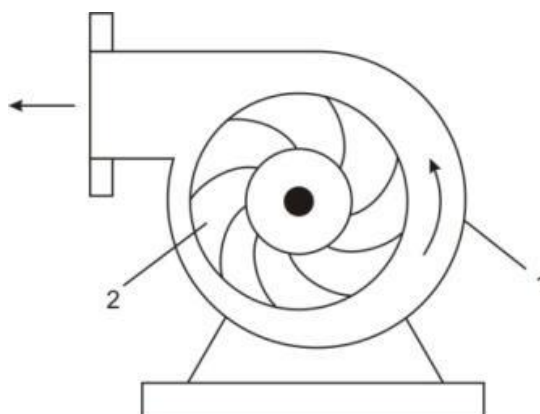


Рисунок 8-Схема центробежного вентилятора: 1 – корпус вентилятора; 2 – рабочее колесо вентилятора

При постоянной частоте вращения (при постоянном значении развиваемой центробежной силы) работа центробежного вентилятора характеризуется следующими величинами:

- объемным расходом перемещаемого газа – Q , м³/с;

- создаваемой разностью давлений после вентилятора и до него (эту разность давлений иногда называют «напором» вентилятора), Δp , Па;
- затрачиваемой мощностью – N , Вт;
- коэффициентом полезного действия – η , представляющим собой отношение мощности $Q \cdot \Delta p$, требуемой теоретически для сжатия газа (так как давление газа до и после вентилятора мало отличается, то объемный расход газа Q до и после вентилятора практически одинаков, как и плотность газа ρ) к мощности N , затрачиваемой в действительности:

$$\eta = \frac{Q \cdot \Delta p}{N}.$$

У центробежных вентиляторов Q , Δp и N связаны между собой и изменение одной из этих величин вызывает изменение остальных. Графические зависимости: $\Delta p = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$ называются характеристиками вентилятора.

3. Ход работы

1. Полностью открыть все заслонки на стенде. Вынуть из трубопроводов диффузоры. Сопротивление сети в этом случае минимально.

2. Включить автомат питания стенда. Включить питание вентилятором. Регулятором частоты вращения повернуть по часовой стрелке. Вентилятор разгонится до максимальных оборотов. Индикатор частоты будет показывать частоту вращения вала вентилятора n , об/мин; «Измеритель температуры» будет показывать температуру в соответствующих точках системы воздухопровода. Данный режим работы будет соответствовать максимальной подаче вентилятора.

3. Включить дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-1А. Дождаться выхода прибора на рабочий режим.

4. Установить трубку Пито-Прандтля после вентилятора и подключить к дифференциального датчика давления $\Delta P3$.

5. Подключить гибкие трубки к выходам трубки Пито-Прандтля к ДМЦ-1А. Выход полного давления трубки Пито к входу датчика «+», выход статического давления к входу «-». Вход «-» «Дифференциального датчика давления $\Delta P3$ » к фитингу «15».

6. Обозначим давления: $p_{ст.вх}$ – величина статического вакуума на входе в вентилятор; $p_{ст.вых}$ – величина статического давления на выходе вентилятора; $p_{дин.вых}$ – величина динамического давления на выходе вентилятора; $p_{\Sigma\text{вых}}$ – величина полного давления на выходе вентилятора; p_{Σ} – полное давление вентилятора (напор вентилятора).

$$p_{дин.вых} = p_{\Sigma\text{вых}} - p_{ст.вых}$$

Значение динамического давления $p_{дин.вых\ i}$ в каждом сечении измеряется датчиком давления, подключенным к трубке Пито.

$p_{дин.i} = \rho \cdot v_i^2 / 2$; ρ – плотность воздуха (для условий эксперимента определить плотность по величине давления окружающей среды и температуре); v_i – скорость потока воздуха в зависимости от координаты расположения трубки Пито по поперечному сечению трубы.

Таким образом, скорость в каждом сечении может быть вычислена следующим образом:

$$v_i = \sqrt{\frac{(2 \cdot p_{дин.вых\ i})}{\rho}}.$$

Расход воздуха в первом сечении радиусом 10 мм определяется:

$$Q_1 = v_1 \cdot \pi \cdot 10^2 / 10^6$$

В каждом последующем кольцевом сечении расход воздуха по трубопроводу в пределах рассматриваемого кольцевого участка для значений номера сечения течения начиная со второго ($i = 2$) и заканчивая четвертым ($i = 4$) вычисляется следующим образом:

$$Q_{2,3,4} = v_1 \cdot \frac{\pi((r_i + 10)^2 - (r_{i-1} + 10)^2)}{10^6}.$$

На последнем кольцевом участке (номер 5) расход вычислить следующим образом:

$$Q_5 = v_5 \cdot \pi \cdot (94^2 - 70^2) / 10^6$$

Суммарный расход воздуха определится:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 Q_i.$$

7. Выполнить измерения давлений в соответствии с таблицей 2. для соответствующих положений трубки Пито. Замеры динамического давления выполнить с помощью перемещения трубки Пито вглубь трубопровода от центра (направление вниз). Для достижения наилучших результатов плоскость оси трубки Пито должна находиться в плоскости оси трубопровода.

Измеренные значения давлений и координат расположения трубки Пито занести в таблицу 2. Обороты вентилятора записать в таблицу 4

Опыт №1. Таблица 2

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	20	40	60	80
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Средняя скорость потока в трубопроводе вычисляется:

$$v_{\text{ср.}} = \frac{Q_{\Sigma}}{\left(\frac{\pi \cdot 97^2}{10^6}\right)}.$$

Вычислить значение расхода Q_{Σ} и средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха.

8. Отсоединить гибкую трубку от фитинга 1 и от «-» «Дифференциального датчика давления ΔP_3 ». Отсоединить трубку статического давления («-») от ДМЦ-1А и соединить с «+» «Дифференциального датчика давления ΔP_3 ».

9. Не меняя других условий экспериментов выполнить измерения, аналогичные предыдущему опыту. Результаты измерений занести в таблицу 3

Опыт №2. Таблица 3

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	20	40	60	80
Значение полного давления, $p_{\Sigma \text{ вых. } i}$, Па					
Значение статического давления, $p_{\text{ст. вых. } i}$, Па					
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Вычислить значение расхода Q_{Σ} , средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха. Сравнить с результатами, полученными в первом опыте. Оценить погрешности измерений и сделать выводы.

По результатам двух опытов осредненные дополнительно значения расхода Q_{Σ} и средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха занести в таблицу 4.

Таблица 4

Обороты вентилятора, n , об/мин						
Статистическое давление (разряжение) на входе вентилятора, Па, $p_{\text{ст. вх}}$						
Полное давление вентилятора, Па, p_{Σ}						
Средняя скорость потока в трубопроводе, м/с, $v_{\text{ср}}$						
Подача вентилятора, м ³ /с, Q_{Σ}						

10. Закрывать заслонки № 1, 2, 5, 6, 7, 8. Поток воздуха от вентилятора пойдет по трубопроводу цилиндрического сечения. Сопротивление сети возрастет по сравнению с условиями первого опыта.

11. Не меняя прочих условий эксперимента выполнить измерения, аналогичные измерениям, описанным в п. 8. Результаты занести в таблицу 5 и таблицу 4

Опыт №3. Таблица 5

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	20	40	60	80
Значение полного давления, $p_{\Sigma \text{ вых. } i}$, Па					
Значение статического давления, $p_{\text{ст. вых. } i}$, Па					
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Вычислить значение расхода Q_{Σ} , средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха.

12. Подключить трубки в соответствии с п. 5. Выполнить измерения в соответствии с п. 7 и результаты записать в таблицу 6 и таблицу 4.

Опыт №4. Таблица 6

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	20	40	60	80
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Вычислить значение расхода Q_{Σ} , средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха.

13. Отсоединить гибкие трубки от трубки Пито на выходе канального вентилятора и двух дифференциальных датчиков. Соединить выход полного давления трубки Пито, расположенной на цилиндрическом трубопроводе с входом «+» дифференциального датчика давления. Выход измерения статического давления трубки Пито соединить с входом «-» дифференциального датчика давления.

14. Выполнить измерения динамического давления, заполнить таблицу 7. Расчеты производить согласно пункту 6.

Таблица 7

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	20	40	60	80
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Вычислить значение расхода Q_{Σ} , средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха.

Значения суммарного расхода Q_{Σ} , вычисленного по результатам различных измерений для одинаковых условий эксперимента должны 11 совпадать. Объясните расхождения, оцените погрешность измерений, сделайте выводы.

15. Подключите выходы трубки Пито №3 к выходам «+» двух различных датчиков давления (ДМЦ-1А и «дифференциального датчика №3»). Второй вход ДМЦ-1А и дифференциального датчика давления №3 оставить открытыми. Таким образом, будет измерено избыточное давление статическое и полное по отношению к атмосферному давлению. Результаты занесите в таблицу 8.

Таблица 8.

Номер i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	1	2	3	4	5
Средний радиус r_i кольца, выделенного в поперечном сечении трубопровода	0	10	20	30	40
Значение полного давления, $p_{\Sigma \text{ вых. } i}$, Па					
Значение статического давления, $p_{\text{ст. вых. } i}$, Па					
Значение динамического давления $p_{\text{дин. вых. } i}$, Па					
Скорость потока в i -ом кольце, м/с: v_i					
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора в каждом кольце Q_i , м ³ /с.					

Выполните все вычисления. Вычислите значение расхода Q_{Σ} и средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха. Значения суммарного расхода, вычисленного по результатам таблицы 8 должен также совпадать с предыдущими результатами.

16. Установить в трубопроводы снятые диффузоры. Открыть их полностью, путем выворачивания обтекателя диффузора. Сопротивление трубопровода в этом случае увеличится по отношению к сопротивлению трубопровода со снятым диффузором.

17. Выполняя измерения, в соответствии с методикой, изложенной выше, определить параметры вентилятора различными способами для различных значений обтекателя диффузора. Использовать таблицы приведенные выше.

18. Определить влияние параметров приборов на величину погрешности измерений.

19. Полное давление вентилятора вычисляется как разность между полным давлением на выходе вентилятора и полным давлением на входе вентилятора. Учитывая, что динамическое давление на входе в вентилятор и на выходе из него близки друг к другу, можно допустить, что полное давление вентилятора определяется:

$$p_{\text{вент}} = p_{\text{ст.вых}} - p_{\text{ст.вх}}$$

Рассчитать по приведенной зависимости значения полного давления вентилятора. С использованием результатов всех проведенных экспериментов построить предельную аэродинамическую характеристику вентилятора для максимальной частоты вращения вала вентилятора.

Таблица 9

Значение статического давления, $p_{\text{ст. вых.}}, \text{Па}$:						
Значение статического давления (разряжения) $p_{\text{ст. вх. } i}, \text{Па}$:						
Значение полного давления, $p_{\text{вент.}}, \text{Па}$:						
Значение расхода воздуха на выходе вентилятора Q_{Σ} , м ³ /с						

20. Полученная характеристика является предельной аэродинамической характеристикой вентилятора.

21. Используя регулировку оборотов вентилятора исследуйте работу вентилятора и системы при частоте вращения вала 2200, 2000, 1500, 1000 и 900 об/мин.

Исследования провести по методике, аналогичной вышерассмотренной. При проведении экспериментов и изменении нагрузки закрытием обтекателя диффузора необходимо поддерживать постоянную частоту вращения вала вентилятора. Для сокращения времени лабораторных работ выберите наиболее оптимальные режимы измерения по результатам проведенных измерений.

Постройте семейство характеристик зависимости расхода (подачи) вентилятора при его работе на различных режимах в зависимости от полного давления на выходе вентилятора. Данная характеристика будет использоваться при проведении следующих практических работ.

«Исследование характеристик трубопровода различного типа»

1. Цель работы

Изучение способа экспериментального определения характеристик трубопроводов различного поперечного сечения и материалов, определение зависимости коэффициента сопротивления трубопровода в зависимости от числа Рейнольдса.

2. Теоретические сведения

Одним из важнейших вопросов прикладной гидравлики является определение потерь энергии при движении газа. В частном случае движения газов по трубопроводам различают потери энергии, зависящие от длины трубопроводов (пропорциональные длине канала), и потери энергии в местных сопротивлениях – запорная арматура, повороты, расширения или сужения трубопроводов, - вызываемые изменениями скорости потока либо по величине, либо по направлению. Потери энергии потока как на преодоление сопротивлений по длине трубопроводов, так и на преодоление местных сопротивлений, в конечном счете, обусловлены вязкостью газа, следовательно, теряемая механическая энергия рассеивается и переходит в тепловую.

Для вычисления потерь давления обычно пользуются частными, эмпирическими формулами:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$
$$\Delta p_{\text{м.с}} = \zeta \frac{\rho w^2}{2}.$$

где $\Delta p_{\text{тр}}$ – потеря давления на трении, Па;

λ – коэффициент трения;

L – длина трубы, м;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

w – средняя скорость движения потока, м/с;

d – диаметр трубы, м;

$\Delta p_{\text{м.с}}$ – потеря давления на местное сопротивление, Па;

ζ – коэффициент местного сопротивления.

Средняя скорость, входящая в формулы $\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$ и $\Delta p_{\text{м.с}} = \zeta \frac{\rho w^2}{2}$, - это такая, одинаковая для всех точек сечения скорость, при которой за единицу времени через данное сечение проходит тот же объем жидкости, что и при действительном распределении скоростей по сечению потока. Среднюю скорость определяют по уравнению расхода:

$$w_{\text{ср}} = \frac{V_c}{F},$$

где V_c – объемный расход, т.е. объем жидкости, проходящий через живое сечение потока за единицу времени, м³/с;

F – живое сечение потока, равное в случае течения по трубе площади поперечного сечения трубы, м².

Из формулы $\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$ и $\Delta p_{\text{м.с}} = \zeta \frac{\rho w^2}{2}$ следует, что потери энергии на трение и на местные сопротивления пропорциональны скоростному, или динамическому, давлению ($\frac{\rho w^2}{2}$), которое является мерой кинетической энергии потока, отнесенной к единице объема жидкости. В действительности, эта зависимость значительно сложнее, так как коэффициент трения и коэффициент местного сопротивления не являются постоянными величинами, а существенно зависят от скорости течения жидкости, ее плотности и вязкости, а также диаметра трубы, по которой движется поток. При определении потерь давления по формулам $\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$ и $\Delta p_{\text{м.с}} = \zeta \frac{\rho w^2}{2}$ значения коэффициентов λ и ζ находят из соответствующих графиков или таблиц, полученных на основании многочисленных экспериментов.

3. Ход работы

А) Трубопроводы круглого сечения

1. В данной работе необходимо использовать график изменения подачи вентилятора в зависимости от давления на выходе вентилятора при различных фиксированных частотах его вращения.

2. Убедиться, что все заслонки находятся в закрытом положении.
3. С помощью заслонок собрать схему трубопроводов для проведения исследований воздуховода круглого сечения.
4. Открыть заслонки ЗВ3, ЗВ4.
5. Включить воздуходувку на максимум.
6. Включить дифференциальный цифровой манометр ДЦМ-1А.
7. После установки нуля подключить гибкие трубки к точке 7 (подключается к «+» на ДЦМ-1А) и к точке 6 (подключается к «-» на ДЦМ-1А).
8. Включить второй дифференциальный цифровой манометр ДЦМ-1А.
9. После установки нуля подключить гибкие трубки к ДЦМ-1А «+» к общему давлению трубки Пито установленной перед вентилятором (+), ДЦМ-1А «-» к 14 находящему перед перед фильтром.
10. Выполнить измерения давлений и записать результаты в таблицу 10.
11. Потери давления в трубопроводе определяются как разность статических давлений в сечениях 1 и 2 трубопровода. Датчик перепада давления №1 показывает разность давлений, т.е. потери давления на трубопроводе:

$$\Delta p_{1,2} = p_{ст.1} - p_{ст.2}$$

Потери давления в трубопроводе зависят от скорости течения потока, коэффициента трения, диаметра и длины трубопровода:

$\Delta p_{1,2} = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v_{ср.}^2}{2}$, где ρ – плотность воздуха в потоке; $v_{ср.}$ – средняя скорость потока; ζ – коэффициент сопротивления трубопровода;

Коэффициент сопротивления, в свою очередь, зависит от диаметра, длины и коэффициента трения трубопровода. С учетом взаимосвязи указанных параметров:

$$\zeta = \lambda \cdot \frac{L}{d},$$

где λ – коэффициент трения; d – диаметр трубопровода ($d = 100$ мм); L – длина трубопровода (измерить на стенде расстояние от точки 9 до 10).

Средняя скорость потока вычисляется и использованием значений расхода воздуха, получаемого по графику зависимости подачи вентилятора в функции полного давления вентилятора и частоты вращения (полученная из предыдущей лабораторной работы, либо можно использовать анемометра).

$$v_{ср.} = \frac{4 \cdot Q_{ср}}{\pi \cdot d^2}$$

Вычислить значение средней скорости $v_{ср}$ потока воздуха для трубопровода. Вычислить значение числа Рейнольдса (Re) для потока:

$$Re = \frac{v_{ср.} \cdot d \cdot \rho}{\mu_d}, \text{ где } \mu_d - \text{динамическая вязкость воздуха: } \mu_d = 0,0182 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

12. Повторите эксперименты для всех частот вращения вентилятора в соответствии с данными таблицы 10.

Постройте графики следующих зависимостей:

- ☐ величина потерь давления в трубопроводе в функции величины расхода через него;
- ☐ коэффициент сопротивления в функции числа Рейнольдса;
- ☐ коэффициент трения в функции числа Рейнольдса.

Б) Гибкий воздуховод

Практическая работа с трубопроводом гофрированного типа выполняется идентично выполнению лабораторной работы в 1 части. Требуется открыть заслонки, подающие воздух в трубопровод гофрированного типа и перекрыть прочие заслонки.

Диаметр трубопровода 100 мм. Длина исследуемого участка замерить от точки 14 до точки 15.

Отличие заключается в точках измерения статического давления на входе в трубопровод и на выходе из него. Для измерения давления используются точки отбора статического давления 2 к «+» ДЦМ-1А и 1 к «-» ДЦМ-1А.

Первый датчик перепада давления подключается соответственно к указанным точкам аналогично предыдущему случаю.

В) Воздуховод прямоугольный

Лабораторная работа с трубопроводом прямоугольного сечения выполняется идентично выполнению лабораторной работы в части 1. Требуется открыть заслонки, подающие воздух в трубопровод прямоугольного типа и перекрыть прочие заслонки.

Отличие заключается в точках измерения статического давления на входе в трубопровод и на выходе из него. Для измерения давления используются точки отбора статического давления точка 11 к «+» ДЦМ-1А и точка 10 к «-» ДЦМ-1А. Первый датчик перепада давления подключается соответственно к указанным точкам аналогично предыдущему случаю.

Еще одно отличие в выполнении лабораторной работы заключается в расчетных зависимостях.

Средняя скорость потока вычисляется с использованием значений расхода воздуха, получаемого по графику зависимости подачи вентилятора в функции полного давления вентилятора и частоты вращения (полученная из предыдущей лабораторной работы).

$$v_{\text{ср.}} = \frac{Q_{\text{ср.}}}{a \cdot b}, \text{ где } a \text{ и } b - \text{размеры поперечного сечения (} a = 60 \text{ мм, } b = 120 \text{ мм)}$$

Коэффициент сопротивления, в свою очередь, вычисляется с использованием эквивалентного диаметра d_3 , длины и коэффициента трения трубопровода. С учетом взаимосвязи указанных параметров:

$$\zeta = \lambda \cdot \frac{L}{d_3},$$

где λ – коэффициент трения; d_3 – эквивалентный диаметр трубопровода; L – длина трубопровода (измерить на стенде расстояние от точки 6 до точки 7)

$$d_3 = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}.$$

Вычислить значение средней скорости $v_{\text{ср}}$ потока воздуха для трубопровода.

Вычислить значение числа Рейнольдса (Re) для потока:

$$Re = \frac{v_{\text{ср.}} \cdot d \cdot \rho}{\mu_d}, \text{ где } \mu_d - \text{динамическая вязкость воздуха: } \mu_d = 0,0182 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

После проведения экспериментов выключить оборудования и устройства. Перекрыть все заслонки.

Сравните потери давления в различных трубопроводах между собой. Сделайте выводы.

Таблица 10

Номер опыта	1	2	3	4	5	6
Обороты вентилятора, n , об/мин	Предельная характеристика: $n=2500$	2300	2000	1500	1000	900
Потери давления на трубопроводе, $\Delta p_{1..2}$, Па						
Полное давление вентилятора, Па, $p_{\text{вент.}}$						
Расход потока воздуха $Q_{\text{ср}}$, м ³ /с.						
Средняя скорость потока м/с: $v_{\text{ср.}}$						
Значение числа Рейнольдса						
Значение коэффициента сопротивления ζ						
Значение коэффициента трения λ						

Практическая работа №5

«Исследование потерь напора на местном сопротивлении - регулируемой задвижке»

1. Цель работы

Исследовать потерь напора на местном сопротивлении - регулируемой задвижке.

2. Теоретические сведения

Для исследования заслонки необходимо рассчитать часовой объемный расход (L) двух скоростей перед заслонкой и после нее.

В качестве объекта испытаний необходимо использовать заслонку ЗВ4. Для измерения скорости перед заслонкой использовать V2. А выходным параметром будет служить V2.

Для вычисления скорости воздушного потока по величине динамического давления вычисляется как

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{дин}}}{\rho}}$$

Где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 , в настоящей лабораторной работе может быть принята равной $1,18 \text{ кг/м}^3$, либо взято из табличных справочников.

$$\Delta p_{\text{дин}} = p_{\text{общ}} - p_{\text{ст}}$$

Для расчета часового объемного расхода L , $\text{м}^3/\text{ч}$, воздуха в воздушном потоке рассчитывается по формуле:

$$L = 3600 \cdot v_{\text{ср}} \cdot A$$

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость по площади поперечного сечения воздуховода или канала, м/с ; A – площадь поперечного сечения воздуховода или канала м^2 .

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum v_i}{i}$$

3. Ход работы:

1. Убедиться, что все заслонки находятся в закрытом положении.
2. С помощью заслонок собрать схему трубопроводов для проведения исследований.
3. Открыть заслонку ЗВ5.
4. Заслонку ЗВ6 открыть на 10° .
5. Включить воздуходувку на максимум.
6. Включить дифференциальный манометр цифровой ДЦМ-1А.
7. Снять показание с датчиков V1 и V2 Результаты занести в таблицу.
8. Заслонку № 4 открыть на 20° .
9. Повторить пункты 7.
10. Необходимо открывать заслонку по 10° рассчитывать среднюю скорость потока, с помощью трубок датчиков. Данные заносить в таблицу11.
11. После окончания выключить оборудование и закрыть все заслонки.
12. Рассчитать часовой объемный расход перед заслонкой и после нее $L \text{ м}^3/\text{ч}$.

Таблица 11

Заслонка	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$v_{\text{ср}}$ скорость потока перед заслонкой, м/с									
$v_{\text{ср}}$ скорость потока после заслонки, м/с									
часовой объемны расход перед заслонкой L , $\text{м}^3/\text{ч}$									
часовой объемны расход после заслонки L , $\text{м}^3/\text{ч}$									

Практическая работа №6

«Исследования характеристик диффузора»

1. Цель работы

Исследовать диффузор.

2. Теоретические сведения

Диффузоры ДПУ-М круглой формы предназначены для подачи и удаления воздуха системами вентиляции и кондиционирования в жилых, административных, общественных и производственных помещениях.

ДПУ-М может также использоваться в качестве запорного клапана при отключении системы вентиляции или отдельных ее участков. Диффузор ДПУ-М состоит из корпуса, присоединительного патрубка и подвижного обтекателя.

В диффузорах ДПУ-М при перемещении обтекателя с закручивателем соответственно вдоль оси корпуса изменяются вид формируемой приточной струи (от вертикальной смыкающейся

конической до горизонтальной веерной) и ее дальнобойность, что позволяет реализовать посезонное регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Дальнобойность приточной струи зависит от типа конструкции подвижной части и ее положения относительно корпуса диффузора.

Материал – полипропилен белого цвета – выдерживает температуру до +70оС, стоек к большинству агрессивных веществ, при горении не опасен, не выделяет токсичных газов, только деформируется и не воспламеняется.

Монтаж осуществляется с помощью присоединительного патрубка, который крепится на самонарезающих винтах к стенкам воздуховода или к подшивному потолку.

Таблица 12-Характеристики диффузоров ДПУ-М

Тип диффузора	A, мм	D, мм	E, мм	Вес не более, кг
ДПУ-М 100	100	150	55	0.20
ДПУ-М 125	125	170	55	0.25
ДПУ-М 160	160	215	60	0.35
ДПУ-М 200	200	258	60	0.45
ДПУ-М 250	250	308	60	0.6

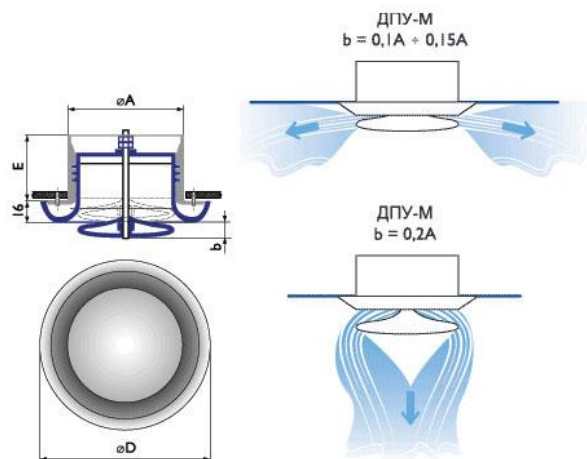


Рисунок 9- Вентиляционный

диффузор в разрезе

Данные для подбора диффузоров ДПУ-М при подаче воздуха

ØA, мм	F ₀ , м ²	b, мм	N*	L _A <20дБ (А)				L _A =25дБ (А)				L _A =35дБ (А)				L _A =45дБ (А)				
				L ₀ , м ³ /ч	Р _н , Па	дально- бойность, м при V _x , м/с	L ₀ , м ³ /ч	Р _н , Па	дально- бойность, м при V _x , м/с	L ₀ , м ³ /ч	Р _н , Па	дальнобой- ность, м при V _x , м/с	L ₀ , м ³ /ч	Р _н , Па	дально- бойность, м при V _x , м/с					
																0.2	0.5	0.2	0.5	0.2
b=0,1A - горизонтальная настилаящаяся веерная струя**																				
100	0.007	10	10	55	36	0.7	0.3	80	77	1.1	0.4	120	174	1.6	0.6	0.4	150	271	0.8	0.5
125	0.011	12	12	85	34	0.9	0.4	120	67	1.3	0.5	180	150	1.9	0.8	0.5	230	246	1.0	0.7
160	0.018	13	16	140	32	1.1	0.5	200	66	1.6	0.7	280	129	2.3	0.9	0.6	350	201	1.1	0.8
200	0.029	16	20	200	27	1.3	0.5	250	41	1.6	0.7	350	81	2.3	0.9	0.6	450	134	1.2	0.8
250	0.046	20	25	280	21	1.4	0.6	370	36	1.9	0.8	520	71	2.7	1.1	0.7	700	129	1.5	1.0
b=0,15A - горизонтальная настилаящаяся веерная струя**																				
100	0.007	15	15	80	21	0.8	0.3	120	46	1.2	0.5	160	82	1.6	0.6	0.4	220	156	0.9	0.6
125	0.011	19	19	130	21	1.0	0.4	170	36	1.4	0.5	240	71	1.9	0.8	0.5	320	127	1.0	0.7
160	0.018	19	24	180	14	1.1	0.4	260	30	1.6	0.6	370	60	2.3	0.9	0.6	520	119	1.3	0.9
200	0.029	24	30	250	11	1.2	0.5	350	22	1.7	0.7	530	50	2.6	1.0	0.7	740	97	1.4	1.0
250	0.046	30	37.5	350	9	1.4	0.5	500	18	1.9	0.8	800	45	3.1	1.2	0.8	1100	85	1.7	1.1
b=0,2A - вертикальная коническая струя																				
100	0.007	20	20	80	17	2.0	0.8	120	38	3.0	1.2	160	67	4	1.6	1.1	220	126	2.2	1.5
125	0.011	25	25	130	17	2.6	1.0	170	29	3.4	1.4	240	58	4.8	1.9	1.3	320	103	2.5	1.7
160	0.018	26	32	180	12	2.8	1.1	260	24	4.0	1.6	370	49	5.7	2.3	1.5	520	96	3.2	2.1
200	0.029	32	40	250	9	3.1	1.2	350	18	4.3	1.7	530	40	6.5	2.6	1.7	740	79	3.6	2.4
250	0.046	40	50	350	7	3.4	1.4	500	14	4.9	1.9	800	36	7.8	3.1	2.1	1100	69	4.3	2.8

*N – количество оборотов центральной вставки, вращение осуществляется из положения заподлицо с корпусом.

** При подаче воздуха свободными струями (в условиях отсутствия настилаяния) величину дальнобойности, указанную в таблице, необходимо умножить на коэффициент 0,7.

По разности общего и статического давлений можно определить скоростное (динамическое) давление, обычно обозначаемое через Δp_{ск}:

$$\Delta p_{\text{ск}} = p_{\text{общ}} - p_{\text{ст}}$$

Выведенные наружу (за пределом трубопровода) концы внутренней наружной трубок имеют следующие отличительные знаки: для статического давления знак минус «-», для общего давления знак плюс «+».

$\Delta p_{\text{ск}} = \frac{w^2 \rho}{2}$ Для измерения разности давлений концы трубок присоединяют к дифференциальному манометру, показывающему значение скоростного давления $\Delta p_{\text{ск}}$.

Из формулы:

Где w – скорость потока в точке измерения (м/с);

$w = \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{ск}}}{\rho}}$ ρ – плотность воздуха (кг/м³). Для условий эксперимента определить плотность по температуре окружающей среды и давлению.

Находят значение местной скорости:

Для определения средней скорости потока необходимо произвести ряд замеров в разных точках поперечного сечения трубопровода. Если полученные в результате этих измерений значения *локальных скоростей* отложить в масштабе на эскизе продольного разреза трубопровода в точках, соответствующих точкам замеров и соединить концы векторов скоростей плавной кривой, то получим т.н. профиль или поле скоростей в трубопроводе.

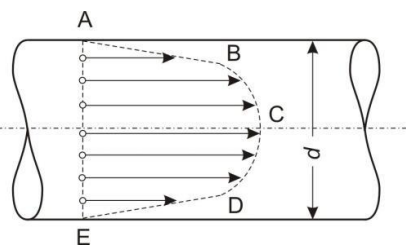


Рисунок 10-Профиль скоростей в трубе

$w_{\text{ср}} = (w_1 + w_2 + \dots w_n)/n$ Для выполнения лабораторной работы необходимо построить эпюру скоростей в точках замера и найти среднюю

скорость потока $w_{\text{ср}}$:

$V_r = 3600 \cdot w_{\text{ср}} \cdot F$ Количество газа, выходящего из диффузора в единицу времени рассчитывается по средней скорости газа в газоходе и площади выхода через диффузор по формуле:

где V_r – объемный расход газа в рабочих условиях, м³/ч; $w_{\text{ср}}$ – средняя скорость потока, м/с; F – площадь выходного сечения из диффузора, м².

3. Ход работы:

1. Убедиться, что все заслонки находятся в закрытом положении.
2. С помощью заслонок собрать схему трубопроводов для проведения исследований.
3. Открыть заслонку ЗВ4 и ЗВ3.
4. Вставить диффузор на выходе цилиндрической трубы.
5. Выкрутить обтекатель диффузора на максимальное значение, вращая его против часовой стрелки.
6. Включить питание учебного оборудования. Выключателем «ВКЛ.» в блоке вентилятора подать питание на каналный вентилятор. Регулятором частоты повернуть по часовой стрелке выставляя в максимальное положение.
7. Включить дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-1А. дождаться выхода прибора на рабочий режим.
8. После установки нуля ДМЦ-1А, подключить гибкую трубку к общему давлению(+) на трубки Пито на выходе круглой трубы. «-» ДМЦ-1А подключить к статическому давлению на трубке Пито №3.
9. Используя измерительный инструмент (штангенциркуль, измерительная линейка, измерительная рулетка). Рассчитайте площадь выхода воздуха из диффузора.
10. Снять показания дифференциального манометра в точках трубы. Рассчитать среднюю скорость потока $w_{\text{ср}}$ и объемный расход V_r значение занести в таблицу №13.
11. Завернуть обтекатель диффузора на 25% его хода, по часовой стрелке. Повторить пункты 10 и 11.
12. Повторить опыт при разной частоте вращения вентилятора (2000, 1700, 1400, 900, 600).

Таблица 13.

Скорость вентилятора	2300				
Уровень открытия обтекателя	100%	75%	50%	25%	10%
Динамическое давление $\Delta p_{\text{ск}}$					
Средняя скорость потока $w_{\text{ср}}$					

Площадь выходного сечения из диффузора					
Объемный расход V_r					

13. Подготовить отчет. Сделать выводы.

Практическая работа №7

«Изучение работы кондиционера на примере сплит-системы»

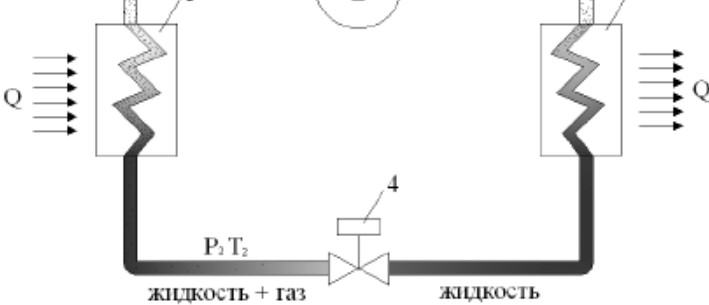
1. Цель работы

Изучение работы кондиционера сплит-системы, регистрация параметров хладагента для анализа функций узлов, нахождения холодильной мощности, тепловой мощности, электрической мощности кондиционера и построение P-h и T-s диаграмм.

2. Теоретические сведения

Работа кондиционеров различного типа (в том числе и сплит-систем) основана на использовании холодильных машин, как правило парокомпрессионных. Схема такой машины представлена на рисунке 11. Наличие в контуре холодильной машины двух теплообменников (испарителя 1 и конденсатора 2) позволяет использовать кондиционер в режиме охлаждения или обогрева воздуха в обслуживаемом помещении. Для перевода кондиционера с режима охлаждения на режим обогрева воздуха (режим теплового насоса) достаточно изменить направление движения хладагента. Для этих целей после компрессора устанавливают четырех-ходовой клапан.

Рисунок 12- Схема парокомпрессионного цикла



Охлаждение в автономных кондиционерах производится за счет поглощения теплоты при кипении хладагента в испарителе (эндотермический процесс). Очевидно, кипение должно происходить при температуре, которая должна быть ниже конечной температуры охлаждаемого воздуха. Температура кипения хладагента зависит от давления в испарителе: чем выше давление, тем выше температура кипения и наоборот. Эта зависимость позволяет регулировать

температуру охлаждения путем изменения давления хладагента в испарителе. Так, например, хладагент R410a, широко используемый в холодильной технике, при нормальном атмосферном давлении имеет температуру кипения минус 51,5 °С. Размеры испарителя выбираются таким образом, чтобы жидкость полностью испарилась внутри. Поэтому температура пара на выходе из испарителя оказывается выше температуры кипения, происходит так называемый перегрев хладагента. В этом случае даже самые мелкие капельки фреона испаряются и жидкость не попадает в компрессор. Следует отметить, что в случае попадания жидкого хладагента в компрессор возможен так называемый «гидравлический удар». В связи с этим вероятны повреждения, а также поломка клапанов и других деталей компрессора.

Теплота, поглощаемая хладагентом в испарителе, передается охлаждающей среде конденсатором, в котором хладагент конденсируется, т.е. переходит из газообразного состояния в жидкость (экзотермический процесс). Размеры конденсатора выбираются таким образом, чтобы газ полностью сконденсировался внутри. Поэтому температура жидкости на выходе из конденсатора оказывается несколько ниже температуры конденсации. Переохлаждение в конденсаторах с воздушным охлаждением обычно составляет примерно 4...7°С. При этом температура конденсации примерно на 10-20 °С выше температуры атмосферного воздуха.

Циркуляция хладагента в контуре холодильной машины обеспечивается ком-прессором 3. Компрессор выполняет и другую задачу - повышает давление паров хладагента, чтобы затем после конденсации осуществить процесс резкого расширения хладагента (падение давления), в результате которого происходит быстрое снижение температуры фреона (эффект дросселирования). Этот процесс, как правило, осуществляется с помощью терморегулирующего вентиля (ТРВ) 4 или иного вида местного сопротивления, например, капиллярной трубки определенной длины.

Для измерения мощности кондиционеров, кроме единиц системы СИ, неко-торые фирмы-производители холодильной техники также используют внесис-темную единицу - «британская тепловая единица/час» (БТЕ/ч), величина которой определяется так: это количество тепла,

необходимое для нагрева одного фунта (0,45 кг) воды на один градус Фаренгейта (0,56 °C). Единица БТЕ/ч соотносится с единицей системы СИ (Ватт) следующим образом: 1 Вт = 3,412 БТЕ/ч.

Другой характеристикой климатической системы служит EER (Energy Efficiency Rating) - коэффициент энергетической эффективности, представляющий собой отношение мощности по холоду в БТЕ/ч к потребляемой электрической мощности в Вт.

Показатель COP (coefficient of performance) - коэффициент производительности, идентичен показателю эффективности EER, отличается только тем, что обе входящие в расчет величины измеряются в Вт.

Холодильная мощность кондиционера определяется по формуле

$$Q_{\text{хол}} = 0,278 L \rho (I_{\text{вх}} - I_{\text{вых}}), \quad (4.1)$$

где L – объемный расход воздуха через кондиционер, м³/ч; ρ - плотность воздуха, кг/м³; $I_{\text{вх}}$, $I_{\text{вых}}$ - энтальпии воздуха соответственно на входе и выходе из кондиционера, кДж/кг.

Тепловая мощность кондиционера определяется по формуле: $Q_{\text{хол}} = 0,278 L \rho (I_{\text{вых}} - I_{\text{вх}}), \quad (4.2)$

Электрическая мощность кондиционера вычисляется по формуле: $QW = IU, \quad (4.3)$

где I - сила тока, А; U - напряжение в электрической сети, В.

Лабораторный стенд приведен на рисунке 9. Стенд состоит из рабочего стола с вертикальной стойкой. На столе закреплен болтами наружный блок 4 с мотор-компрессором, теплообменником и вентилятором. Мотор-компрессор хладоновый, герметичный, ротационный с вертикальной осью вращения (далее по тексту - компрессор) предназначен для осуществления термодинамического цикла с целью получения искусственного холода. Агрегат кондиционера представляет собой замкнутую герметичную систему, состоящую из компрессора, двух теплообменников, фильтра-осушителя, термоманометров 2, вентилях, трубопроводов, смотровое стекло 3, которое демонстрирует циркуляцию фреона и содержание влаги в системе, капиллярной трубки, а также включает в себя 4-ходовой клапан, осуществляющий переключение функций охлаждения и обогрева.

Теплообменники ребристо-трубного типа с принудительным обдувом. Все электрические приборы, внутреннего блока и узлы холодильного агрегата, кроме наружного блока, закреплены на стойке либо внутри ее. Последовательно после конденсатора фильтр-осушитель осуществляет очистку хладагента от механических примесей и влаги, а смотровое стекло позволяет визуально контролировать агрегатное состояние и степень чистоты фреона. Термоманометры 2 высокого и низкого давлений позволяют измерять давление в двух точках гидропневматической системы стенда.

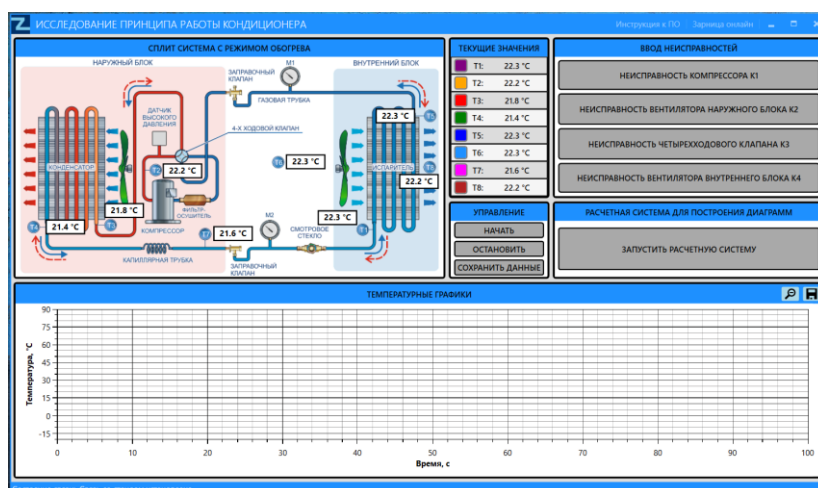
Режим работы кондиционера задается с помощью пульта дистанционного управления. Для обеспечения безопасной работы со стендом электрический ток подается через автомат защитного отключения, реагирующий на ток короткого замыкания. Электроизмерительные приборы позволяют контролировать напряжение, рабочий ток и расход электроэнергии сплит-системы.

Рисунок 13-Состав оборудования:

1 – внутренний блок сплит-системы; 2 – манометры; 3 – смотровое стекло; 4 – наружный блок сплит-системы; 5 – блок управления и регистраций значений; 6 – пульт дистанционного



управления; 7 – ноутбук; 8 – автоматический выключатель с УЗО.



3. *Ход работы:*

1. Для долговечной и исправной работы оборудования необходимо включать стенд согласно следующему алгоритму запуска:
2. Убедитесь что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.
3. Убедитесь что сливная емкость установлена к дренажной трубке.
4. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования и ноутбука в сеть.
5. Подключите преобразователь к ноутбуку и на лабораторном оборудовании к разъему «RS-485».
6. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.
7. Запустите программу «Conditioning» на ноутбуке.
8. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Для режима охлаждения помещения перевести сплит-систему в режим охлаждения, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «*» (режим «Cool»).
9. Используя кнопки «▲, ▼» на пульте ДУ выставите температуру (°C). Какую температуру выбрать уточните у преподавателя в диапазоне $19 < t < 30$. Дождитесь начала работы кондиционера.
10. Снять показания датчиков температур с ТРМ138 или ПО «Conditioning», замерить давления на линиях нагнетания и всасывания компрессора. Данные занести в таблицу 4
11. Построить на диаграмме P-h и T-S процесс охлаждения воздуха. Обосновать выпадения конденсата расчетом. Сохраните полученные диаграммы для отчета. Для построения смотрите ПРИЛОЖЕНИЕ А.
12. Включить кондиционер в режим обогрева. Для режима отопления помещения на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «☀» (режим «Heat»).
13. Снять показания датчиков температур с ТРМ138 или ПО «Conditioning», замерить давления на линиях нагнетания и всасывания компрессора. Данные занести в таблицу 4
14. Построить процесс нагрева воздуха на P-h и T-S диаграмме. Сохраните полученные диаграммы для отчета. Для построения смотрите ПРИЛОЖЕНИЕ А.
15. Рассчитать холодильную мощность кондиционера по формуле 4.1.
16. Рассчитать тепловую мощность кондиционера по формуле 4.2.
17. Рассчитать электрическую мощность компрессора по формуле 4.3.
18. Определить коэффициенты EER и COP для режимов охлаждения и обогрева воздуха.
19. После завершения работы выключить сплит-систему используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.
20. Выключить стенд и ноутбук. Отсоединить преобразователь.
21. Дождаться 5-10 минут затем слить конденсат из емкости.
22. Подготовить отчет, сделать выводы о проделанной работе.

Таблица 14

Номер датчика	Температура, °C	Давление нагнетания, бар	Давление всасывания, бар
Режим охлаждения «Cool»			
1-8			
Режим нагрева «Heat»			
1-8			

ПРИМЕЧАНИЕ. На ТРМ138 номер канала соответствует номеру датчиков, указанных на гидропневматической схеме.

Практическая работа №8

«Исследование работы сплит-системы в режиме охлаждения»

1. Цель работы

Изучить конструкцию и принцип действия сплит-систем.

2. Теоретические сведения

Несмотря на то, что ощущение комфортного нахождения в помещении – явление субъективное, однако оно имеет объективные составляющие:

- 1) температура воздуха в помещении;
- 2) влажность воздуха в помещении;
- 3) направление и скорость движения воздушного потока;
- 4) химический состав воздуха;
- 5) уровень шума;
- 6) уровень освещенности; напряженности электромагнитных полей.

Современные системы кондиционирования воздуха обеспечивают контроль параметров воздуха по температуре, влажности, направлению и скорости движения воздуха и по химическому составу воздуха.

При этом комфортные условия воздушной среды зависят от интенсивности труда, совершаемого человеком, параметров его одежды и физического состояния. Подвижность воздуха также определяет состояние комфорта. Причиной неприятного самочувствия человека в плохо проветриваемом помещении является накопление вблизи человека водяных паров, углекислого газа и т.д. Это определяется тем, что человек при отсутствии или недостаточном движении воздуха окружается слоями воздуха, насыщенными выдыхаемыми газами с более высокой температурой и влажностью.

Комфортное состояние определяется также наличием вредных выделений в помещении. К вредным выделениям относятся избыточное конвективное (явное) или лучистое тепло, влага, газы и пары, вредных веществ и т.д.

Конвективное тепло передается воздуху помещения от нагретых поверхностей (плит, производственного оборудования, компьютерной техники и т.д.)

Лучистое тепло поступает от высокотемпературных объектов (печей, оборудования и т.д.)

Водяные пары (влага) может поступать в воздух при дыхании большого количества людей (зрительные залы, стадионы), при промывке деталей, при технологических процессах с применением воды и водяного пара.

По производительности кондиционеры можно разделить на бытовые и промышленные. К бытовым, как правило, относятся кондиционеры мощностью до 7кВт, применяемые для помещений площадью от 15 до 80м². Промышленные установки имеют мощность от 25кВт. Промежуточное положение занимают кондиционеры, используемые для обеспечения микроклимата коттеджей, загородных домов с мощностью от 7 до 25кВт.

По конструктивному исполнению все кондиционеры можно разделить на моноблочные, состоящие из одного блока (оконные, индивидуальные); и сплит-системы, состоящие из двух и более блоков (настенные, канальные, кассетные и т.д.).

Сплит-системы служат для поддержания комфортных параметров микроклимата в помещении (для охлаждения или для подогрева воздуха).

Сплит-система – система кондиционирования воздуха (СКВ), состоящая из двух и более блоков: компрессорно-конденсаторного и испарительного агрегата.

Выделяют сплит-системы двух типов: системы, работающие только в режиме охлаждения; системы, работающие в системе охлаждения и обогрева.

На рисунке 15 представлена принципиальная схема действия сплит-системы, работающей в режиме охлаждения.

Сплит-система (рисунок 15) состоит из внутреннего и наружного (внешнего) блоков. Внешний блок включает в себя: компрессор, теплообменник-конденсатор, вентилятор. Внутренний блок содержит теплообменник-испаритель и вентилятор.

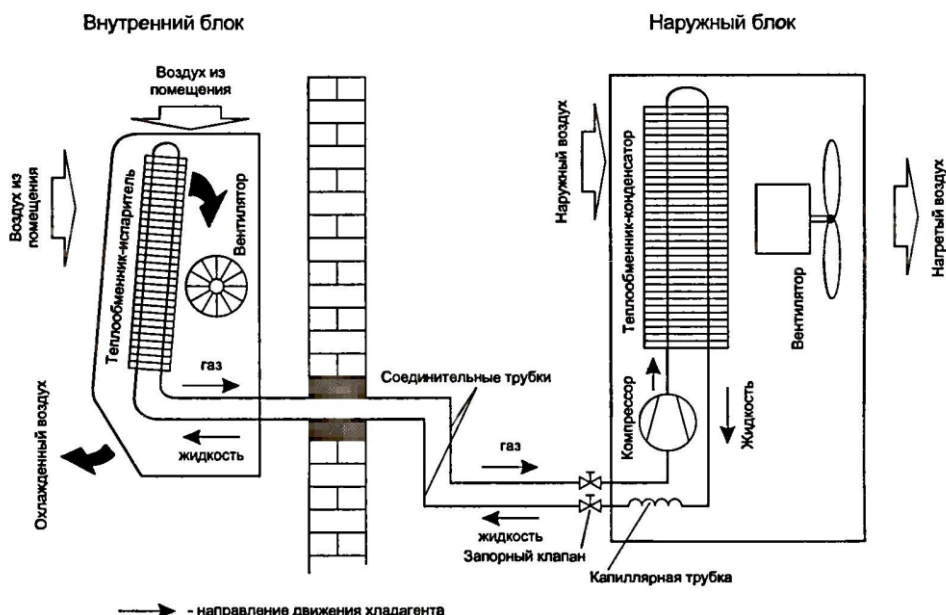


Рисунок 15 – Схема сплит-системы, работающей в режиме охлаждения

Сплит-системы такого типа (рисунок 1) работают по принципу действия парокомпрессионного холодильного цикла.

Холодильные установки (ХУ) служат для искусственного охлаждения тел (воздуха в системах кондиционирования) ниже температуры окружающей среды. Рабочее тело в ХУ – воздух и жидкости с низкими температурами кипения: аммиак, углекислота, сернистый ангидрид и фреоны. Схема, раскрывающая принцип действия простейшей ХУ парокомпрессионного цикла представлена на рисунке 16.

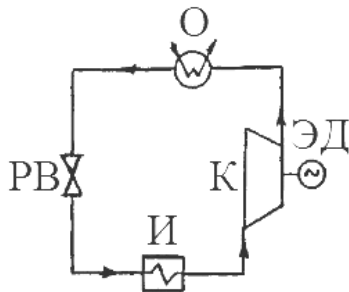


Рисунок 16 – Схема парокомпрессионной ХУ: О – охладитель; К – компрессор;

ЭД – электродвигатель; И – испаритель; РВ – редукционный вентиль

ХУ работают по обратному циклу, в котором, в противоположность прямому циклу, затрачивается работа извне, теплота отнимается от охлаждаемых тел и подводится к рабочему телу.

Цикл парокомпрессионной ХУ представлен на рисунке 17

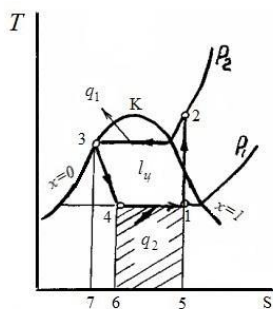


Рисунок 17 – Цикл парокомпрессионной ХУ в диаграмме T, s

Насыщенный пар рабочего тела адиабатно сжимается компрессором (К) (процесс 1-2) от давления p_1 до давления p_2 . Из компрессора пар поступает в охладитель (О), где он охлаждается и конденсируется при $p_2 = const$ (процесс 2-3).

Полученная жидкость дросселируется в редукционном вентиле (РВ) с уменьшением температуры и давления. Процесс дросселирования 3-4 является необратимым и в диаграмме T, s изображается условно. В процессе 3-4 жидкое рабочее тело, частично испаряясь, превращается во влажный насыщенный пар при давлении p_1 (степень сухости $x=0,01...0,15$). Далее рабочее тело направляется в испаритель (И), где происходит преобразование 4-1, в процессе которого отбирается теплота от охлаждаемых тел в количестве q_2 (площадь 4-1-5-6-4).

Холодопроизводительность 1 кг рабочего тела q_2 определяется из уравнения:

$$q_2 = h_1 - h_4,$$

где h_1, h_4 – энтальпия рабочего тела на выходе из холодильной камеры и на входе в нее соответственно, кДж/кг.

Работа, затраченная компрессором при адиабатном сжатии рабочего тела определяется выражением:

$$l_K = l'_{1-2} = h_2 - h_1,$$

здесь h_2 – энтальпия рабочего тела после его сжатия в компрессоре, кДж/кг.

Техническая работа в процессе $l'_{3-4} = h_3 - h_4$, дросселирования 3-4:

h_3, h_4 – энтальпия рабочего тела до и после редуцирующего вентиля, кДж/кг.

Выражения (могут быть записаны через изобарную теплоемкость рабочего тела и соответствующие разности температур

$$\Delta h_{i-m} = c_p \cdot (t_i - t_m), \Delta h_{i-m}$$

изменение энтальпии в процессе $i-m$ идеального газа, кДж/кг; c_p – изобарная теплоемкость рабочего тела; t_i, t_m – температура рабочего тела в начале–конце процесса, о С).

Теоретическая мощность двигателя, необходимая для привода компрессора ХУ, равна:

$$N_{теор} = G_f \cdot l_0,$$

G_f – расход холодильного агента (рабочего тела ХУ), кг/с; $l_0 = l_K - l'_{3-4}$ – затраченная работа, кДж/кг.

Расход рабочего тела определяется в соответствии с выражением:

$$G_f = Q_2 / q_2.$$

Q_2 – холодопроизводительность холодильной установки (сплит-системы), к Вт; q_2 – холодопроизводительность одного кг рабочего тела (удельная холодопроизводительность, кВт.

Идеальным циклом ХУ является обратный цикл Карно (рисунок 18).

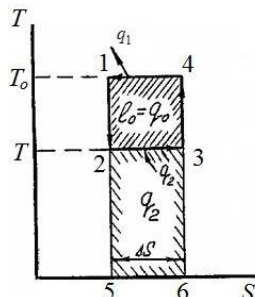


Рисунок 18 – Обратный цикл Карно

В этом цикле (рисунок 18) работа $l_0 = q_0$ затрачивается, а теплота $q_2 = q_1 - q_0$ переносится от холодного тела более нагретому. Отношение теплоты, отведенной от охлаждаемого тела q_2 (холодопроизводительности), к затраченной работе $l_0 = q_1 - q_2$ называется холодильным коэффициентом, обозначается ϵ_t и является характеристикой экономичности ХУ:

$$\epsilon_t = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{q_2}{l_0}$$

В отличие от термического КПД ϵ_t может быть больше 1, т. к. выражает собой количество отводимой теплоты, приходящейся на единицу затраченной работы.

Максимальное значение ϵ_t при заданном температурном интервале будет получено тогда, когда в ХУ будет осуществлен цикл Карно, т.е.

$$\epsilon_{tk} = \frac{T - \Delta s}{T_0 \Delta s - T \Delta s},$$

где T_0 – температура окружающей среды, К (рисунок 1.6); Δs – изменение энтропии; T – температура охлаждаемого тела, К.

Холодильный коэффициент паровой компрессионной ХУ равен: $\epsilon_t = \frac{q_2}{l_0} = \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_1}$, где $q_2 = h_1 - h_4 = h_1 - h_3$ – количество теплоты, отбираемое от охлаждаемых объектов (тел) и воспринимаемая рабочим телом в испарителе;

$l_0 = h_2 - h_1 = l_K = l_{1-2}$ – работа, затраченная при адиабатном сжатии пара в компрессоре. Контрольные вопросы по первой части лабораторной работы номер 1-7. В отчете изображается схема сплит системы, ее цикл в диаграмме T, s .

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 12 в ПРИЛОЖЕНИИ А.

В наружном блоке имеется компрессор, осуществляющий циркуляцию хладагента в системе. В части контура, находящейся во внутреннем блоке, хладагент имеет пониженное давление, так как его давление было снижено.

После дросселирования температура хладагента составляет 5...10°C; отбирая тепло из воздуха помещения, хладагент кипит в теплообменнике-испарителе.

Охлажденный воздух под действием вентилятора возвращается в помещение.

Пары низкотемпературного хладагента сжимаются под действием совершаемой компрессором работы. Давление и температура хладагента возрастают в процессе сжатия. Жидкий хладагент с достаточно высокой температурой поступает в охладитель наружного блока, проходит через редукционный вентиль. Далее цикл повторяется.

Методика основана на применении законов термодинамики. При расчете использовать диаграмму состояния фреона – 410a (R410a) рисунок 5 рабочего тела сплит-системы.

R410A, R32/125 (50/50)

T critical = 74.67 °C, p critical = 51.73703 Bar, v critical = 0.00162 m3/kg

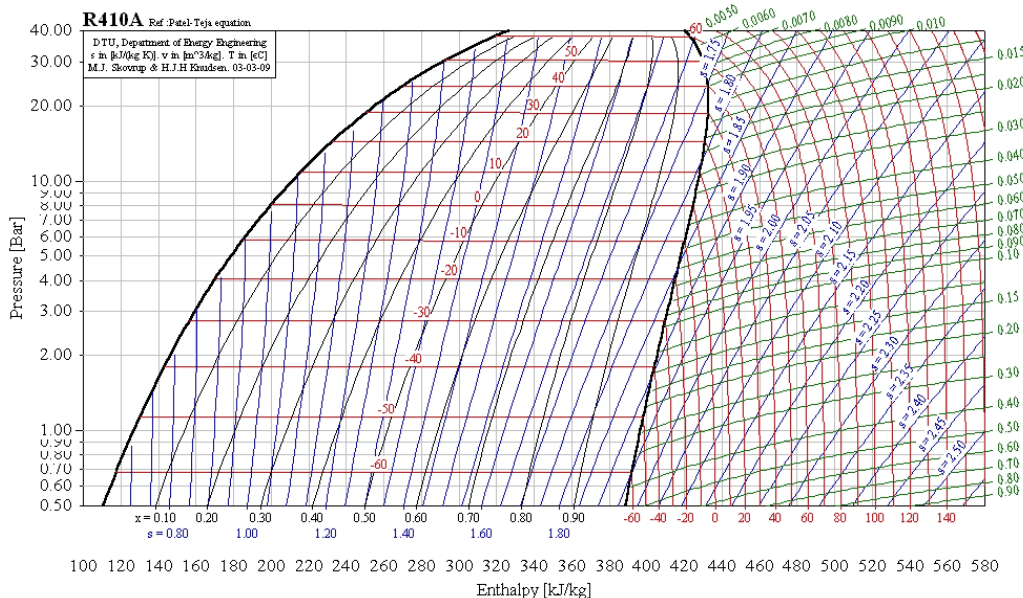


Рисунок 19 –
 Диаграмма состояния фреон-410a

3.Ход работы:

1. Убедитесь что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.
2. Убедитесь что сливная емкость установлена к дренажной трубке.
3. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования и ноутбука в сеть.
4. Подключите

преобразователь к ноутбуку и на лабораторном оборудовании к разъему «RS-485».

5. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.

6. Запустите программу «Conditioning» на ноутбуке.

7. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Для охлаждения помещения перевести сплит-систему в режим охлаждения, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «*» (режим «Cool»).

8. Используя кнопки «▲, ▼» на пульте ДУ выставите температуру 19 °C. Дождитесь начало работы кондиционера.

Пояснение. Компрессор паровой ХУ (рисунок 1) всасывает пар фреона-410a (R410a) при температуре $t_1 = (7+2) ^\circ\text{C}$ и степени сухости $x_1 = 1.17$, изоэнтропно сжимает его до давления p_2 , при котором степень сухости $x_2 = 1.22$. Из компрессора фреон-410a поступает в охладитель, где изобарно охлаждается воздухом с температурой на входе t_{1B} (канал № 3 на ТРМ138 либо в ПО «Conditioning» температура на входе в конденсатор) и на выходе с температурой t_{2B} (канал № 4 на ТРМ138 либо в ПО «Conditioning» температура на выходе в конденсатор). Охлаждаясь, фреон превращается в насыщенный пар. В капиллярной трубке жидкий фреон-410a (R410a) дросселируется до состояния влажного насыщенного пара, с давлением p_1 (манометр высокого давления), после чего направляется в испаритель, из которого выходит со степенью сухости x_1 .

9. Определить теоретическую мощность двигателя ХУ, часовой расход фреона- 410a (R410a) и охлаждающего воздуха в охладителе, если холодопроизводительность установки определяется по формуле $Q_2 = V \cdot c_B \cdot (t_{1n} - t_{2n})$. Здесь V – объем помещения, м³; c_B – объемная теплоемкость воздуха, кДж/(м³.К); t_{1n} , t_{2n} – температура воздуха в помещении в начале и в конце работы сплит-системы.

10. Определить холодильный коэффициент ХУ, изобразить цикл в диаграмме T,s .

Свойства фреона-410 даны в программе «SOLKANE 9» установленной на ноутбуке. Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу 15

11. По окончании эксперимента вычисляются средние значения измеренных величин. Используя показания термометров производятся необходимые расчеты по формулам (1.1)-(1-8), результаты заносятся в таблицу 15

12. После завершения работы выключить сплит-систему используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.

13. Выключить «Питание» стенда, и ноутбук. Отсоединить преобразователь.

14. Дождаться 5-10 минут затем слить конденсат из емкости.

15. Подготовить отчет, ответить на контрольные вопросы.

Таблица 15

Результаты измерений и вычислений

№ п/п	Температура охлаждающего воздуха		Температура воздуха внутри помещения		Продолжительность опыта	Результаты расчета			
	$t_{1в}, ^\circ\text{C}$	$t_{2в}, ^\circ\text{C}$	$t_{1п}, ^\circ\text{C}$	$t_{2п}, ^\circ\text{C}$		$N_{теор}, \text{Вт}$	$G_{fi}, \text{кг/с}$	$G_{возд}, \text{кг/с}$	ε_f
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Контрольные вопросы

1. Что такое холодильная установка?
2. Каково устройство и принцип работы сплит-системы?
3. Как строится цикл парокомпрессионной ХУ?
4. Как рассчитывается холодильный коэффициент?
5. Почему обратный цикл Карно называется идеальным циклом работы ХУ?
6. На какие параметры микроклимата в помещении влияют сплит-системы при работе?

Практическая работа №9

«Исследование работы сплит системы в режиме подогрева (теплового насоса)»

1. Цель работы

Экспериментальное исследование влияния внешних факторов при работе сплит-системы в режиме подогрева (теплового насоса), построение процессов изменения состояния рабочего тела в диаграмме состояния.

2. Теоретические сведения

Сплит-системы бывают двух типов: системы, работающие только в режиме охлаждения; системы (рисунок 20), работающие в режиме охлаждения и режиме обогрева.

Схема сплит-системы, работающей в и режиме охлаждения, и в режиме обогрева несколько усложняется по сравнению со схемой, представленной на рисунок 1. Это связано, с тем, что при переходе с режима охлаждения на режим обогрева, установка начинает работать в качестве теплового насоса.

Реализация возможности перехода сплит-системы в режим работы в качестве теплового насоса (режим подогрева воздуха) обеспечивается контрольным клапаном. Контрольный клапан (четырёхходовой), предназначен для изменения режима движения хладагента. Регулирование контрольного клапана осуществляется автоматически при переходе сплит-системы в режим подогрева.

С помощью 4-ходового контрольного клапана изменяется направление перекачивания компрессором хладагента. Этот клапан управляется соленоидом, на который от внутреннего блока подается напряжение питающей сети (220 В).

Принципиальная схема сплит-системы, работающей в режиме подогрева показана на рисунке 20.

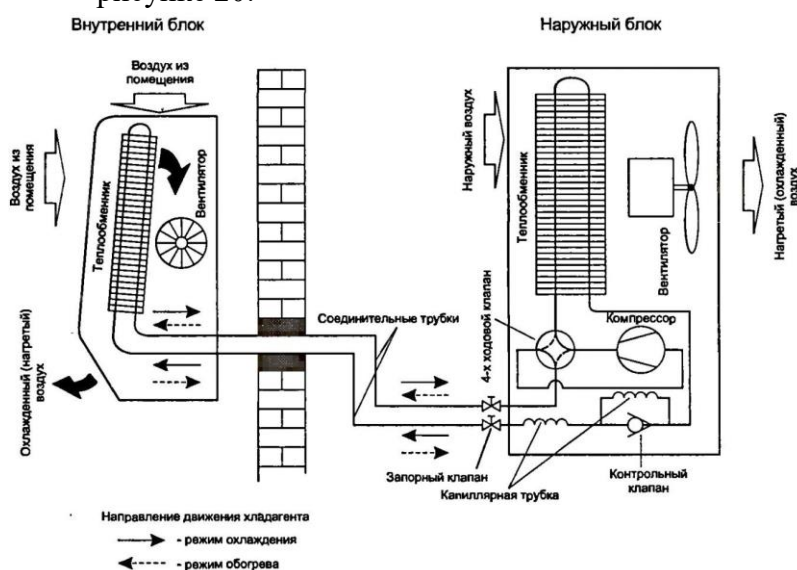


Рисунок 20 – Схема сплит-системы, работающей в режиме нагрева и охлаждения

При работе сплит-системы в режиме обогрева (теплового насоса) радиатор наружного блока охлаждается и на нём образуется большое количество конденсата. При установке сплит-системы не на фасаде здания (на лоджии, внутри строений) от внешнего блока требуется отвод конденсата.

Кроме того, работа сплит-системы в режиме теплового насоса ведет к интенсивному охлаждению конденсатора наружного блока и с возможностью его последующего обмерзания.

Так как средние температуры наружного воздуха на территории России достаточно низки (значительно ниже нуля), то эксплуатация сплит-систем в режиме подогрева имеет свои особенности.

При работе сплит-системы в режиме обогрева в условиях достаточно низких наружных температур происходит уменьшение вырабатываемой тепловой мощности при снижении температуры наружного воздуха.

Обогрев помещения с помощью сплит-системы используют осенью или весной, при положительной уличной температуре (больше +5°C). При отрицательных температурах фреон не закипает в радиаторе внешнего блока, а в жидком виде поступает на вход компрессора и приводит к его поломке. Электроника качественных сплит-систем не позволит включить обогрев при низких уличных температурах.

Схемы и циклы тепловых насосов (ТН) аналогичны схемам и циклам холодильных машин. Но, если задачей холодильных установок является охлаждение тел или поддержание температуры помещения на заданном низком уровне, то ТН предназначены для подвода теплоты, забираемой от источника с низкой температурой, к нагреваемому объекту при более высокой температуре.

Происходит «передача» теплоты из холодного источника в горячий. Отсюда и название «тепловой насос».

Работа ТН состоит в следующем. За счет теплоты источника с низкой температурой в испарителе (И) (рисунок 2) происходит парообразование рабочего тела с низкой температурой кипения (фреон, аммиак и т. п.).

Полученный пар поступает в компрессор (К), где повышаются давление и температура пара (процесс 1-2, рисунок 3), далее пар направляется в охладитель (теплообменник) (О) (рисунок 2), где охлаждается и конденсируется, отдавая свою теплоту охлаждающей жидкости (газу, воздуху). Образовавшийся конденсат дросселируется редукционным вентилем (РВ) с уменьшением температуры и давления (процесс 3-4, рисунок 3).

При работе сплит-системы в режиме подогрева в качестве охлаждающей жидкости в охладителе используется воздух помещения, нагнетаемый вентилятором на теплообменник (рисунок 20).

Характеристикой совершенства работы ТН (сплит-системы, работающей в режиме обогрева) является отношение теплоты, отданной к потребителю (воздуху помещения), к затраченной при этом работе, т. Е

$$\xi = \frac{q_2 + l_y}{l_y} = \frac{q_1}{l_y}. \quad (2.1)$$

Коэффициент ξ называют отопительным коэффициентом или коэффициентом теплоиспользования, или коэффициентом преобразования ТН.

Коэффициент преобразования ТН можно выразить через холодильный коэффициент цикла:

$$\xi = \frac{q_2 + l_y}{l_y} = \frac{q_2}{l_y} + 1 = \varepsilon_t + 1. \quad (2.2)$$

Если в ТН используется паровой цикл (рисунок 4.10), то коэффициент ξ равен:

$$\xi = \frac{q_2 + l_y}{l_y} = \frac{h_1 - h_3 + h_2 - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}. \quad (2.3)$$

В случае возможности работы ТН по обратному циклу Карно (рисунок 1.4), коэффициент преобразования ξ

определяется как:

$$\xi = \frac{q_1}{l_y} = \frac{T_1}{T_1 - T_0}, \quad (2.4)$$

где T_1 и T_0 – соответственно, температуры потребителя и источника теплоты, К.

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 12 в приложении А.

В наружном блоке, находящемся вне помещения, имеется компрессор, осуществляющий циркуляцию хладагента в системе. Сплит-система приводится в режим обогрева помещения (режим ТН). Четырехходовой контрольный клапан меняет направление движения хладагента в контуре. Компрессор подает хладагент из внешнего блока (рисунок 6) во внутренний. Рабочее тело (газ) с высокой температурой и давлением поступает во внутренний теплообменник, где конденсируется, отдавая тепло воздуху, нагнетаемому вентилятором из помещения. Сконденсированный хладагент

дросселируется, направляется во внешний блок, где воспринимает тепло от воздуха окружающей среды, подаваемый на теплообменник внешнего блока.

Однако, при снижении температуры наружного воздуха ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ использовать сплит-систему для обогрева помещения не рекомендуется из-за износа частей компрессора.

МЕТОДИКА

Методика основана на применении законов термодинамики. При расчете использовать диаграмму состояния (смотрите рисунок 5) фреона – 410a (R410a) рабочего тела сплит-системы.

3.Ход работы:

1. Убедитесь что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.

2. Убедитесь что сливная емкость установлена к дренажной трубке.

3. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования и ноутбука в сеть.

4. Подключите преобразователь к ноутбуку и на лабораторном оборудовании к разъему «RS-485».

5. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.

6. Запустите программу «Conditioning» на ноутбуке.

7. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Для отопления помещения перевести сплит-систему в режим обогрева, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «☀» (режим «Heat»).

8. Используя кнопки «▲, ▼» на пульте ДУ выставите температуру $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дождитесь начало работы кондиционера.

9. Необходимо измерить температуру окружающей среды (канал №6 на TPM138. либо в ПО «Conditioning» температура окружающей среды), всех узлов кондиционера и время работы системы.

Пояснение. В результате работы сплит-системы в качестве ТН теплота окружающей среды передается источнику теплоты с более высокой температурой, чем окружающая среда.

10. Необходимо определить величину теплоты Q_p , поступившей в помещение лаборатории для отопления помещения при помощи сплит системы, за время проведения эксперимента τ , температура окружающей среды $t^{\circ}\text{C}$ (определяется датчику температуры окружающей среды), $^{\circ}\text{C}$.

11. Необходимо снять показания температуры нагревательных устройств (поверхности теплообменника внутреннего блока) $t_{\text{НАГР}}$ (Канал №5 на TPM138 или в ПО «Conditioning» на входе в испаритель).

12. Мощность двигателя компрессора N (принимается по паспорту сплит-системы). Принять, что установка работает по циклу, изображенному на рисунке 7. Холодильный агент – фреон-410a.

13. Определить коэффициент преобразования ТН ξ и построить функцию $\xi = f(t_{oc})$ – по результатам работы группы.

14. По окончании эксперимента вычисляются средние значения измеренных величин (температура окружающей среды, температура поверхности теплообменника внутреннего контура сплит-системы).

15. Расчеты необходимых параметров производятся в соответствии с формулами (1.1–1.5), (2.1-2.4). В расчетах принимается, что сплит-система в режиме подогрева (теплого насоса) работает без потерь, по циклу, представленному на рисунке 8

16. После завершения работы выключить сплит-систему используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.

17. Выключить «Питание» стенда, и ноутбук. Отсоединить преобразователь.

18. Дождаться 5-10 минут затем слить конденсат из емкости.

16. Подготовить отчет.

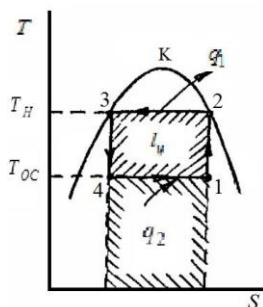


Рисунок 21– Цикл работы сплит-системы без учета потерь
 Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу 2

№ пп	Температура воздуха окружающей среды	Температура нагревательных элементов сплит-системы	Температура воздуха внутри помещения	Продолжительность опыта	Мощность двигателя компрессора	Результаты расчета	
	$t_{oc}, ^\circ C$	$t_{нагр}, ^\circ C$	$t_{in}, ^\circ C$	τ, c	$N, Вт$	Теплота, поступившая в помещение, $Q_n,$ Вт	Коэффициент преобразования, ξ
1							
...							

Таблица 16
 Результаты измерений
 и вычислений

Практическая работа №10 «Расчет холодильного коэффициента кондиционера»

1. Цель работы

Экспериментальный расчет холодильного коэффициента сплит-системы.

2. Теоретические сведения

Для оценки энергоэффективности оборудования систем кондиционирования воздуха применяют обобщенный показатель энергетической эффективности, или эксергетический КПД:

$$\eta_{\varepsilon} = \frac{N_{\varepsilon}}{N}$$

где N – мощность, затрачиваемая на привод установки, Вт.

N_{ε} – эксергетическая (приведенная) мощность, Вт.

Значение η_{ε} во всех случаях показывает степень приближения установки к идеальной, у которой все процессы обратимы, т.е. $\eta_{\varepsilon}=1$.

Приведенная мощность определяется по формуле:

$$N_{\varepsilon} = Q_x \times \tau_{\varepsilon}$$

Где Q_x - расчетная холодопроизводительность установки.

τ_{ε} – эксергетическая температурная функция (фактор Карно).

$$\tau_{\varepsilon} = \frac{(T_x - T_{o.c.})}{T_x}$$

Где T_x - температурный уровень охлаждения, К.

$T_{o.c.}$ - температура окружающей среды, К.

Для холодильных установок $\tau_{\varepsilon} < 0$. Знак N_{ε} показывает, что мощность отводится от установки.

Для оценки энергетических характеристик холодильных установок чаще используется холодильный коэффициент ε (COP)

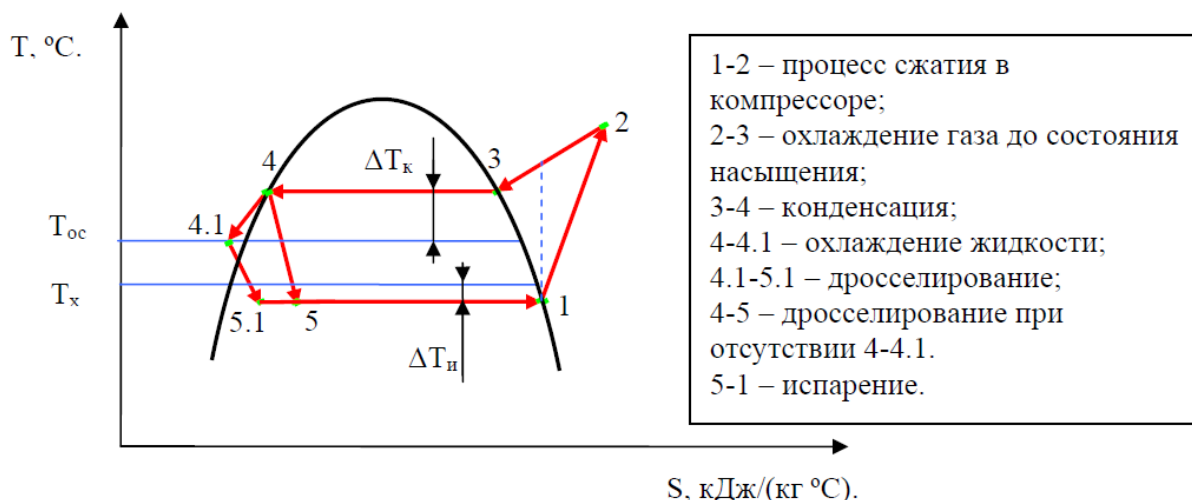
$$\varepsilon = \frac{Q_x}{N}$$

и эксергетический холодильный коэффициент $\varepsilon_{\varepsilon}$

$$\varepsilon_{\varepsilon} = \frac{Q_x}{N_{\varepsilon}} = \frac{1}{\tau_{\varepsilon}} = \frac{T_x}{(T_{o.c.} - T_x)}$$

Рассмотрим процесс охлаждения парокомпрессионной холодильной установки в T-S координатах с точки зрения повышения холодильного коэффициента COP.

Термодинамический цикл одноступенчатой парокомпрессионной установки в осях температура – энтропия.



1. Процесс сжатия в компрессоре (1-2) сопровождается увеличением энтропии ΔS_k . Чем меньше эта величина, при одинаковых величинах развиваемого давления, тем лучше качество компрессора и тем выше КПД кондиционера. Общая длина линии 1-2 показывает величину энергопотребления компрессора.

2. Процесс охлаждения перегретого газа до состояния насыщения (2-3). Происходит по линии постоянного давления. Чем меньше длина этой линии, тем выше КПД.

3. Процесс конденсации насыщенного пара (3-4). Конденсация протекает при постоянном давлении с температурой, выше температуры окружающей среды на величину ΔT_k . Чем больше величина ΔT_k , тем выше давление конденсации, тем больше затраты энергии компрессором на сжатие.

4. Процесс переохлаждения жидкости (4-4.1) по линии постоянного давления.

Увеличивает холодопроизводительность кондиционера.

5. Процесс дросселирования жидкости (4.1-5.1). Увеличение энтропии между точками снижает холодопроизводительность.

6. Процесс испарения жидкого хладагента (5.1-1). Длина линии пропорциональна величине холодопроизводительности.

3.Ход работы:

1. Убедитесь что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.

2. Убедитесь что сливная емкость установлена к дренажной трубке.

3. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования и ноутбука в сеть.

4. Подключите преобразователь к ноутбуку и на лабораторном оборудовании к разъему «RS-485».

5. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.

6. Запустите программу «Conditioning» на ноутбуке.

7. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Для охлаждения помещения перевести сплит-систему в режим охлаждения, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «*» (режим «Cool»).

8. Используя кнопки «▲,▼» на пульте ДУ выставите температуру 19 °С. Дождитесь начала работы кондиционера.

9. Определить эксергетический холодильный коэффициент для стандартных температурных условий испытаний кондиционеров: температура внутреннего воздуха +27 °С, температура наружного воздуха +35 °С. Данный пункт выполняется теоретически. Так как отсутствует возможность создать условия необходимые для данной проверки

10. Определить эксергетический холодильный коэффициент для реальных условий используя сплит-систему.

11. После завершения работы выключить сплит-систему используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.

12. Выключить стенд и ноутбук. Отсоединить преобразователь.

13. Дождаться 5-10 минут затем слить конденсат из емкости.

14. Подготовить отчет, объяснить почему холодильный коэффициент реальных установок кондиционирования значительно меньше.

Практическая работа №11

«Изучение холодильного цикла парокомпрессорной холодильной машины»

1. Цель работы

Изучение физических процессов и явлений происходящих в хладагенте, при работе парокомпрессионной холодильной машины. Знакомство с i -lgP диаграммой, построение холодильного цикла на i -lgP диаграмме.

2. Теоретические сведения

Для понимания цикла парокомпрессионной холодильной машины необходимо тщательно изучить отдельные процессы, входящие в него, а также связи, существующие между отдельными процессами, и влияние изменений в отдельном процессе цикла на все другие процессы данного цикла. Изучение в значительной степени можно упростить, используя диаграммы и схемы с графическим изображением цикла. Графическое изображение холодильного цикла позволяет рассматривать одновременно изменения в состоянии хладагента, происходящие в течение цикла.

Наиболее распространенной в холодильной технике является i -lgP диаграмма (удельная энтальпия - давление) как более удобная для последующих тепловых расчетов. Логарифмическая ось давления принимается в целях уменьшения масштаба диаграммы. Состояние хладагента, находящегося в любом термодинамическом виде, может быть показано на диаграмме в виде точки, которая определяется двумя любыми параметрами, соответствующими данному состоянию. При этом могут быть использованы простые измеряемые параметры: температура (в °C или K), давление (в Па или в производных единицах: 1 кПа=103Па, 1 Мпа = 106 Па = 10 бар), а также удельный объем v (в м3/кг) или плотность $\rho = 1/v$, кг/м3. Кроме простых измеряемых параметров, используют также сложные расчетные параметры. На i -lgP диаграмме таким (одним из основных) параметром является удельная энтальпия i , кДж/кг. Это полная энергия хладагента i , отнесенная к единице массы.

В термодинамике удельную энтальпию i представляют в виде суммы внутренней энергии u , кДж/кг, и произведения абсолютного давления P , Па, на удельный объем v , м3/кг.

В этом выражении произведение Pv представляет собой потенциальную энергию давления P , которая используется на совершение работы.

Расчетным параметром является и энтропия S . В расчетах и на диаграммах используют удельное значение энтропии s , кДж/(кг·K). Так же, как и в случае эн-тальпии, для расчетов важно не значение энтропии «в точке», а ее изменение в ка-ком-то процессе, то есть

$$\Delta s = \frac{\Delta q}{T_m}, \quad (5.2)$$

где Δq – теплота, отнесенная к единице массы хладагента, а T_m , K – средняя абсолютная температура в течении процесса теплообмена между хладагентом и внешней средой.

Схематично i -lgP диаграмма представлена на рисунке 11.

$q_0 \geq i_{1'} - i_4$, кДж/кг – удельная холодопроизводительность

$q_k \leq i_2 - i_3$, кДж/кг – теплоотвод в конденсаторе

$l = i_2 - i_{1'}$, кДж/кг – работа процесса сжатия компрессора

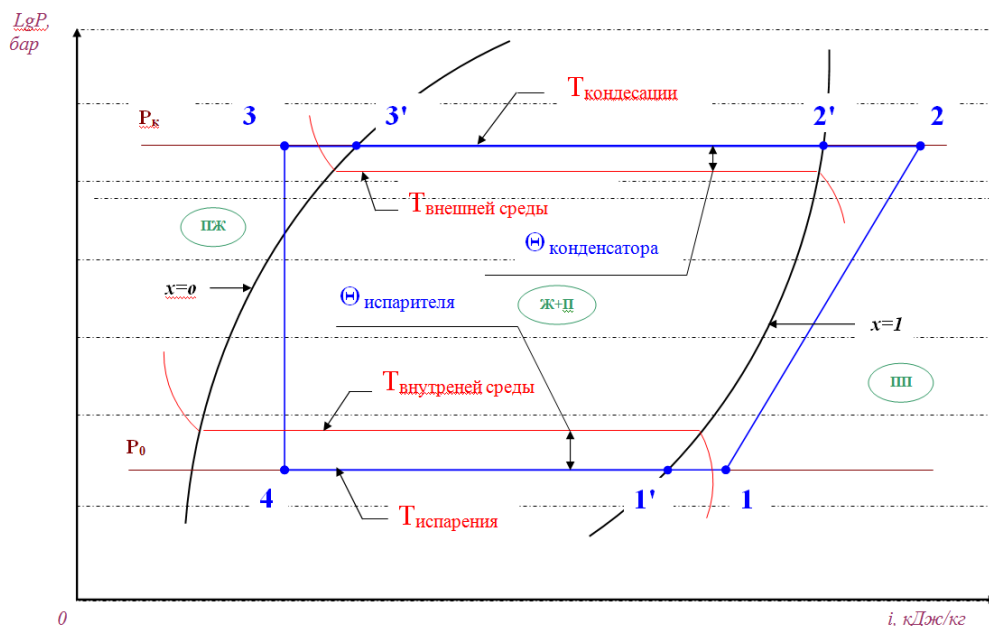


Рисунок 22-
Графическое изображение цикла одноступенчатой холодильной машины (1-2-3-4)

Диаграмма i -lgP делится на три зоны:

1. переохлажденной жидкости - слева от кривой насыщенной жидкости (на диаграммах кривая черного цвета, имеющая максимальную

толщину), где степень сухости пара $x = 0$;

2. парожидкостной смеси - между кривыми $x = 0$ и $x = 1$ - насыщенный пар;
3. перегретого пара - справа от линии $x = 1$.

Линию, соответствующую насыщенной жидкости ($x = 0$) называют левой, или нижней, пограничной кривой, а линию, соответствующую насыщенному пару ($x = 1$), называют правой, или верхней, пограничной кривой. Линии постоянного давления - изобары - на диаграммах проходят горизонтально, а линии постоянной энтальпии - изоэнтальпы - вертикально (серые тонкие линии прямоугольной сетки).

Процессы кипения и конденсации хладагента при постоянном давлении проходят между пограничными кривыми при постоянной температуре, соответствующей температуре насыщения при постоянном давлении.

На рисунке 5.1 показан простой цикл паровой компрессионной машины, нанесенный на i -lgP диаграмму. Точка 3 - это нижняя часть конденсатора, где завершается процесс конденсации и хладагент является насыщенной жидкостью при давлении и температуре конденсации. В данной точке значения P , T и i могут считываться непосредственно на диаграмме. Если известны значения P и T , то можно определить значение i .

Процесс, обозначенный линией 3-4 происходит в регуляторе расхода. Давление жидкости при прохождении через него понижается от давления конденсации P_k до давления кипения P_0 . Температура жидкости при дросселировании понижается от температуры конденсации до температуры кипения путём мгновенного испарения части жидкости.

Энтальпия хладагента во время процесса 3-4 не меняется. Точку 4 определяют на диаграмме «энтальпия-давление», проводя от точки 3 вертикальную линию (постоянной энтальпии) до пересечения с линией постоянного давления, соответствующей давлению кипения. Чтобы найти на диаграмме точку 4, достаточно знать давление или температуру кипения хладагента. Изменение энтропии в процессе 3-4 происходит в результате того, что жидкий хладагент дросселируется без совершения полезной работы, а также в результате передачи энергии в форме теплоты в самой жидкости. При передаче теплоты энтальпия жидкости остаётся той же, а изменяется только энтропия. Энтальпию в точке 4 можно найти по таблицам как энтальпию хладагента с параметрами в точке 3.

Линия 4-1 характеризует процесс кипения хладагента в испарителе. Кипение происходит при постоянной температуре и давлении. Процесс 4-1 является одновременно как изотермическим, так и изобарическим. Поэтому точку 1 можно определить на диаграмме, если провести горизонтальную линию из точки 4 до пересечения с кривой насыщенного пара ($1'$). Далее в точке $1'$ хладагент выкипает полностью и превращается в насыщенный пар при температуре и давлении кипения, а затем перекипает и переходит в состояние 1. Процесс перегрева $1'-1$ необходим для того, чтобы фреон полностью перешел в газообразное состояние и не повредил лопасти компрессора.

Энтальпия хладагента в процессе 4-1 повышается, так как он поглощает теплоту из охлаждаемого пространства. Количество поглощенной хладагентом в испарителе теплоты (удельная холодопроизводительность) - разность между энтальпией хладагента в точках 4 и 1.

Процесс в компрессорах протекает по линии 1-2 и характеризует сжатие пара от давления кипения до давления конденсации при постоянной энтропии. Точку 2 можно определить на диаграмме «энтальпия-давление», если из точки 1 провести линию, параллельную линии постоянной энтропии, до пересечения с линией постоянного давления, соответствующей давлению конденсации.

В точке 2 хладагент находится в виде перегретого пара при давлении конденсации соответствующем температуре конденсации (насыщения). В течение процесса сжатия (1-2) компрессор совершает работу. Поэтому энергия (энтальпия) пара увеличивается пропорционально количеству совершённой механической работы. Поглощая теплоту

сжатия горячий пар находится в перегретом состоянии, т.е. его температура выше температуры насыщения. Чтобы создать условия для конденсации пара, его температуру необходимо снизить до температуры насыщения.

Процессы, обозначенные на диаграмме линиями 2-2' и 2'-3' происходят в конденсаторе. Пар охлаждается от температуры нагнетания до температуры конденсации, передавая теплоту охлаждающей среде. В процессе по линии 2-2' давление пара остаётся постоянным и точку 2' можно определить на диаграмме энтальпия-давление, если провести горизонтальную линию из точки 2 до пересечения с кривой насыщенного пара. Линия 2'-3' характеризует процесс конденсации пара в конденсаторе при постоянной температуре и давлении. Процесс 3'-3 характеризует переохлаждение хладагента в конденсаторе. Переохлаждение в конденсаторах с воздушным охлаждением обычно составляет примерно 4...7 °С. При этом температура конденсации примерно на 10-20 °С выше температуры атмосферного воздуха.

3.Ход работы:

Для долговечной и исправной работы оборудования необходимо включать стенд согласно следующему алгоритму запуска:

1. Убедитесь что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.
2. Убедитесь что сливная емкость установлена к дренажной трубке.
3. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования и ноутбука в сеть.
4. Подключите преобразователь к ноутбуку и на лабораторном оборудовании к разъему «RS-485».
5. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.
6. Запустите программу «Conditioning» на ноутбуке.
7. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Выставить режим охлаждения помещения, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «*» (режим «Cool»).
8. Используя кнопки «▲, ▼» на пульте ДУ выставите температуру (°С). Какую температуру выбрать уточните у преподавателя в диапазоне $19 < t < 21$. Дождитесь начало работы кондиционера.
9. Замерить значения давлений и температур с помощью термоманометров на жидкостной и газовой линиях кондиционера. Принять во внимание, что манометры измеряют избыточное давление среды.
10. Снять показания датчиков температур с TPM138 или ПО «Conditioning», замерить давления на линиях нагнетания и всасывания компрессора.
11. Взять у преподавателя размноженные i-IgP и T-s.
12. С помощью измеренных значений температур и давлений построить холодильный цикл хладагента на диаграммах для R410a.
13. Проанализировать результаты построения и сделать выводы о проделанной работе.
14. После завершения работы выключить сплит-систему используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.
15. Выключить стенд и ноутбук. Отсоединить преобразователь.
16. Дождаться 5-10 минут затем слить конденсат из емкости.
17. Подготовить отчет, сделать выводы о проделанной работе.

Практическая работа №12

«Поиск неисправностей в сплит-системе»

1.Цель работы

Найти в сплит-системе неисправность

2.Ход работы:

1. Убедитесь, что кнопка включения находится в выключенном состоянии, кнопка (грибок) «СТОП» отжата.
2. Убедитесь, что сливная емкость установлена к дренажной трубке.
3. Вставьте сетевой кабель лабораторного оборудования в сеть.
4. Включить питание стенда используя дифференциальный автомат, кнопкой «ВКЛ.» подать питание на кондиционер и включить ноутбук.
5. Включите сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ. Выставить режим охлаждения помещения, для этого на пульте ДУ нажмите кнопку «MODE» до тех пор, пока в верхнем правом углу не появится значок «*» (режим «Cool»).
6. Используя кнопки «▲, ▼» на пульте ДУ выставите температуру (°C). Какую температуру выбрать уточните у преподавателя в диапазоне 19...21. Дождитесь начало работы кондиционера.
7. Попросите преподавателя ввести неисправность.
8. На основе полученных знаний нужно найти неисправность в сплит-системе.
9. После завершения работы выключить сплит-систему, используя кнопку «ON/OFF» на пульте ДУ.
10. Выключить стенд.
11. Дождаться 5-10 минут, затем слить конденсат из емкости.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

На рисунке 23 представлен общий вид комплекта учебно-лабораторного оборудования «Исследование принципа работы кондиционера».

Рисунок 23- Состав оборудования

1 – внутренний блок сплит-системы; 2 – манометры; 3 – смотровое стекло; 4 – наружный блок сплит-системы; 5 – блок управления и регистраций значений; 6 – пульт дистанционного управления; 7 – ноутбук; 8 – автоматический выключатель с УЗО.

Для управления сплит-системой необходимо использовать пульт дистанционного управления (ПДУ). Для регистраций значений с датчиков температуры, значение напряжения и тока сети, ввода неисправностей сплит-системой, необходимо использовать блок управления и регистраций значений (смотрите рисунок 13).

Рисунок 24- Блок управления и регистраций значений

значений

1 – ТРМ138; 2 – счетчик электроэнергии; 3 – индикатор наличия электропитания; 4 – разъем RS-485 для подключения с ноутбуком; 5 – индикатор наличия питания на компрессоре; 6 – мультиметр; 7 – кнопка аварийной остановки; 8 – кнопка включения стенда; 10 – блок ввода неисправностей

«ТРМ138» служит для отображения текущего значения температур в узлах сплит-системы. Номера каналов совпадают с номерами датчиков на гидropневматической схеме.

«Счетчик» служит для измерения расхода электроэнергии переменного тока (кВт·ч).

«Питание» сигнальная лампа, служит для индикации о включенном состоянии стенда.

«RS-485» предназначен для подключения через преобразователь USB с ноутбуком.



«Компрессор» сигнальная лампа показывает о наличии напряжении на компрессоре сплит-системы.

«Мультиметр» комбинированный прибор для измерения. Мультиметр измеряет напряжение подаваемое на сплит-систему (единицы измерения вольты), измеряет ток потребляемой сплит-системой (единицы измерения амперы) и мощность (единицы измерения ватты).

«Блок ввода неисправностей» предназначен для ввода неисправностей в сплит-системе, используя кнопки К1, К2, К3, К4. Для ввода неисправности необходимо переключить кнопку во включенное положение.

К1 - ввод неисправности работы компрессора.

К2 – ввод неисправности работы вентилятора наружного блока.

К3 – ввод неисправности работы 4-хходового клапана.

К4 – ввод неисправности работы вентилятора внутреннего блока.

В режиме нормальной работы сплит-системы кнопки К1, К2, К3, К4 должны находится в положении «ВЫКЛ.». Для ввода неисправности перевести кнопку в положение «ВКЛ.».

ВНИМАНИЕ! После ввода неисправности компрессора (К1), компрессор сразу не запустится, так как сплит-системе необходимо стабилизировать среду в системе с помощью платы управления сплит-системы.

ВНИМАНИЕ! Ввод неисправности работы 4-ходового клапана возможен только в режиме обогрева. Так как клапан имеет два положения. При режиме охлаждения помещения питание на клапане отсутствует. В режиме обогрева с платы управления подается питание на клапан, за счет чего сплит-система и переходит в режим обогрева.

ВНИМАНИЕ! Настоятельно не рекомендуется использовать блок ввода неисправностей более 2-3 минут.

«ВКЛ.» Кнопка предназначена для включения и отключения питания кондиционера.

«СТОП» кнопка (грибок) служит для аварийного отключения питания лабораторной установки.

ВНИМАНИЕ! Кнопку (грибок) СТОП необходимо использовать только в случае экстренной необходимости отключить стенд. Во всех остальных случаях необходимо корректно отключать лабораторную установку.

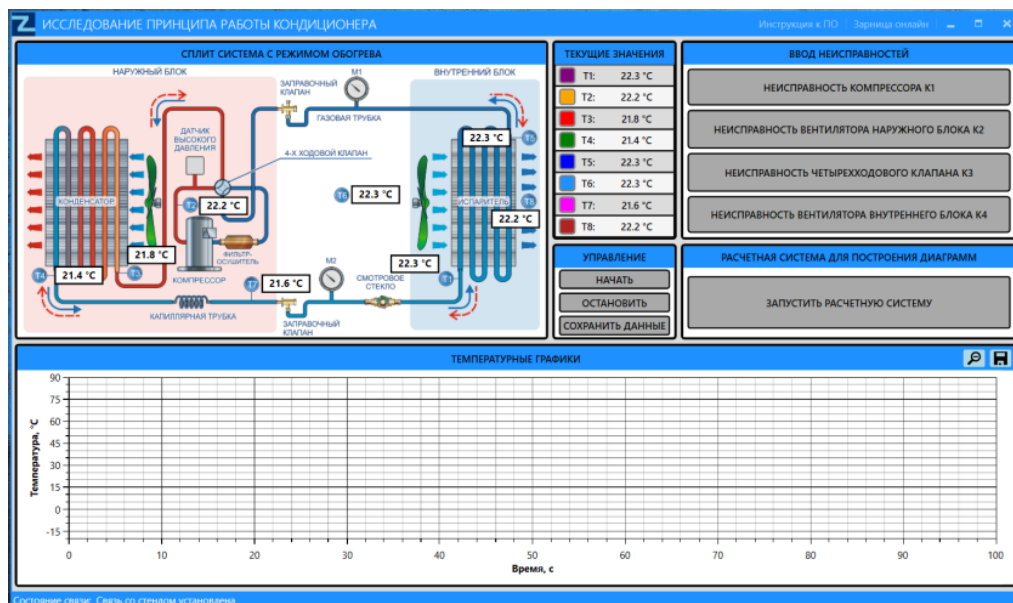
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение предназначено для получения информации с контроллера и отображения на экране монитора текущих (мгновенных) значений датчиков в графическом и цифровом виде, а так же сохранение данных в файл для последующей обработки; ввода ошибок в работу стенда.

Перед запуском программы необходимо убедиться в том, стенд включен,

преобразователь USB – RS485 подключен к ПК и стенду.

После запуска программы открывается следующее окно:



При некорректном запуске программы появится следующее диалоговое окно:

После нажатия на кнопку «ОК» программа автоматически закроется.

Убедитесь в правильности подключения и повторите попытку.

Рассмотрим основные элементы рабочего окна программы.

Данное окно включает в себя следующие элементы:

- Строка заголовка окна. В строке заголовка окна, помимо стандартных полей с названием программы и кнопок управления окном, расположены:

Ошибка инициализации программы

Аппаратное обеспечение недоступно.

Проверьте подключение всех кабелей к стенду, а так же проверьте, включено ли питание стенда. После этого перезапустите программу.



- Кнопка «Инструкция к ПО», которая позволяет открыть соответствующий документ.

Внимание! Необходимо наличие установленного на ПК ПО для открытия файлов с расширением .PDF

- Кнопка «Зарница онлайн»

открывает веб-сайт «ПО Зарница».

- Сплит система с режимом обогрева. В данной области отображаются текущие показания датчиков температуры:

- T1 – показания датчика температуры на входе в испаритель;
- T2 – показания датчика температуры на выходе из компрессора;
- T3 – показания датчика температуры на входе в конденсатор;
- T4 – температура на выходе с конденсатора;
- T5 – температура на выходе из испарителя;
- T6 – показания датчика температуры окружающей среды;
- T7 – показания датчика на выходе капиллярной трубки;
- T8 – температура воздуха выходящего из испарителя.

Также в этой области, при необходимости, можно включать или выключать вывод графиков для каждого из значений.

- Температурные графики. Графики зависимости температур от времени: по оси X откладывается время в секундах, а по оси Y – температура в градусах Цельсия (°C). Видимую область графика можно передвигать, удерживая правую кнопку мыши. Также график масштабируется: увеличение/уменьшение видимой области графика можно с помощью колесика мыши либо нажимая одновременно «Ctrl» и «+»/ «-». При изменении масштаба видимой области графика возврат к первоначальному масштабу осуществляется нажатием на кнопку («Сбросить масштаб»). Цвет квадрата слева от названия параметра () в области «ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ» соответствует цвету графика. Необходимые графики параметров можно выбрать, нажав на соответствующий цветной квадрат слева от показаний требуемого параметра. Программа поддерживает экспортирование данных в файл изображения: при нажатии на кнопку («Сохранить изображение») появится диалоговое окно сохранения файла, в котором необходимо указать место и название сохраняемого документа. В данном случае сохранится файл изображения (.png), на котором обрисовываются соответствующие кривые. В файле изображения будет сохранена текущая видимая область графика, поэтому если перед сохранением график масштабировался или сдвигался, то рекомендуется вернуть его к нужному виду. Возврат к первоначальному масштабу осуществляется нажатием на соответствующую кнопку .

- Ввод неисправностей. В этой области находятся следующие кнопки управления, позволяющие внести неисправности в работу стенда: «НЕИСПРАВНОСТЬ КОМПРЕССОРА K1», «НЕИСПРАВНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА НАРУЖНОГО БЛОКА K2», «НЕИСПРАВНОСТЬ ЧЕТЫРЕХХОДОВОГО КЛАПАНА K3», «НЕИСПРАВНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА ВНУТРЕННЕГО БЛОКА K4». Зеленый цвет кнопки соответствует включенному состоянию, серый – выключенному.

- Расчетная система для построения диаграмм. При нажатии на кнопку «ЗАПУСТИТЬ РАСЧЕТНУЮ СИСТЕМУ» открывается программа Solkane Refrigerant Software (version 9.0.1.21), позволяющая построить T – S и i – lgP диаграммы.

- Управление. В данной области находятся следующие кнопки управления: «НАЧАТЬ», «ОСТАНОВИТЬ» и «СОХРАНИТЬ ДАННЫЕ».
- Статус текущего состояния связи со стендом, расположенный в самой нижней части окна программы. В нормальном состоянии (стенд подключен и полностью функционален) он соответствует состоянию «Связь со стендом установлена». При потере связи ПК со стендом статус примет вид: «Ошибка связи»

После запуска программы начнется отображение текущих показаний датчиков в области «ТЕКУЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ». Для запуска отображения данных на графиках и записи данных необходимо нажать на кнопку «НАЧАТЬ» в области «УПРАВЛЕНИЕ». Остановка построения графика, а также записи данных происходит по нажатию на кнопку «ОСТАНОВИТЬ».

Программа поддерживает экспортирование данных в файл изображения или в CSV – файл после остановки эксперимента.

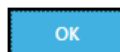
При нажатии на кнопку «СОХРАНИТЬ ДАННЫЕ» появится диалоговое окно сохранения файла, в котором необходимо указать место и название сохраняемого документа. Сохраненный файл (с расширением .csv) можно открыть как стандартной программой «Блокнот», так и с помощью Microsoft Office Excel.

При разрыве связи ПК со стендом появляется следующее диалоговое окно:

Ошибка связи

Аппаратное обеспечение недоступно.

Проверьте подключение всех кабелей к стенду, а так же проверьте, включено ли питание стенда. И повторите попытку.



В строке статуса текущего состояния связи со стендом появится сообщение: «Ошибка связи».

После нажатия на кнопку «ОК» программа автоматически закроется. Убедитесь в правильности подключения и перезапустите программу.

Выход из программы осуществляется путем нажатия на кнопку «х» в правом верхнем углу.

Рекомендательный библиографический список

1. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 57 с.
2. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3, кн.1, кн.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. Н.Н. Павлова. - М.: Стройиздат, 1992 г. – 319 с., 314 с.
3. Богословский В.Н. и др. Отопление и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1980г. – 295 с.
4. Тихомиров К.В., Сергеенко С.Э. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1991. – 273 с.
5. Лабораторный практикум по теплогазоснабжению и вентиляции. - Минск: Вышэйш. шк., 1973. – 18