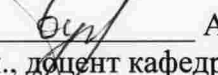


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
А.И. Бурков  
к.т.н., доцент кафедры ТВ и ВВ

« 20 » « май » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха и  
газоснабжение»**

<b>Научная специальность</b>	2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 3</b>	<b>Семестр (ы): 5</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра: Экзамен: 5</b>	

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха и газоснабжение» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области теплоснабжения, вентиляции, кондиционирование воздуха и газоснабжения.

**1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха и газоснабжение» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.1.3. - Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- устройство, направления и перспективы развития инженерных систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования населенных мест;
- методы эксплуатации и реконструкции, нормативную базу в области проектирования и строительства инженерных систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования населенных мест;
- принципы работы оборудования инженерных систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования населенных мест.

### **Уметь:**

- разрабатывать системы тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования населенных мест;
- разрабатывать инженерные решения в сфере рационального использования тепловых и газовых ресурсов, совершенствования и оптимизации систем теплового и газового хозяйства объектов.

### Владеть:

- методами проектирования систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования населенных мест и объектов;
- методами обоснования экологически безопасных технических и технологических решений в системах тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

**Раздел 1. Нормативно-правовая основа систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования. Тенденции развития систем (Л - 5 ч, КСР - 3ч. СР - 50 ч)**

**Тема 1. Нормативно-правовая и техническая база в области тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования.** Актуальные нормативно-правовые и технические документы в области тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования.

**Тема 2. Тенденции развития систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования.** Современные технологии и тенденции развития систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования.

**Раздел 2. Расчет и проектирование систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования. Оптимизация технологических решений в системах. (ПЗ- 6. КСР-6ч, СР - 38)**

**Тема 3. Расчет и проектирование систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.** Расчет и проектирование систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха с учетом современных методов выполнения работ. Программные комплексы, область их применения и сравнительная характеристика. Перспективы использования продуктов цифровизации при проектировании инженерных систем.

**Тема 4. Оптимизация технологических решений в системах тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования.** Оптимизация и экономическая оценка технологических решений в системах тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Расчет и проектирование систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха с учетом современных методов выполнения работ	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	4	Оптимизация и экономическая оценка технологических решений в системах тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Актуальные нормативно-правовые и технические документы в области тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Современные технологии и тенденции развития систем тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Расчет и проектирование систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха с учетом современных методов выполнения работ	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Оптимизация и экономическая оценка технологических решений в системах тепло- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

#### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха и газоснабжение» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;

3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

**6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения**

**6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	<i>Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Справочник. Под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В. А. Григорьева. В. М. Зорина. М.: Энергоатомиздат. 1982.— 512 с.: ил.</i>	2
2	<i>Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие - М: «Евроклимат», 2009. 416 с.</i>	10
3	<i>Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е.М. Белова.— М. : Техносфера : Евроклимат, 2006.— 399 с.</i>	4
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	<i>Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов/ В. Н. Богословский, О. Я. Кокорин. Л. В. Петров; под ред. В. Н. Богословского - М.: Стройиздат. 1985. 367 с., ил.</i>	2
2	<i>Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2/ Б. В. Баркалов. Н. Н. Павлов. С. С. Амирджанов и др.: Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера - 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1992. 416 с.: ил-(Справочник проектировщика).</i>	13
3	<i>Каледина. Н.О. Вентиляция производственных объектов. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон, дан. — М. : Горная книга. 2008. — 193 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/3270">http://e.lanbook.com/book/3270</a>, по IP-адресам компьютер, сети ПНИПУ</i>	ЭБС “Лань”
4	<i>Пигарев. В.Е. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха. [Электронный ресурс] : Учебники / В.Е. Пигарев. П.Е. Архипов. — Электрон, дан. — М. : УМЦ ЖДТ. 2003. — 424 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/59937">http://e.lanbook.com/book/59937</a>. по IP-адресам компьютер, сети ПНИПУ</i>	ЭБС “Лань”
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	<i>Журнал АВОК</i>	1

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Журнал СОК	1
3	Журнал ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	1
4	Журнал ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ	1
5	Журнал САНТЕХНИКА	1

### 2.3 Нормативно-технические издания

1	СП 131.13330.2020 Строительная климатология.	Техэксперт
2	СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.	Техэксперт
3	СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности	Техэксперт
4	СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.	Техэксперт
5	СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.	Техэксперт

### 2.4 Официальные издания

1	Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (действующая редакция, 2016)	Консультант Плюс
2	Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"	Консультант Плюс
3	Указ президента Российской Федерации "Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации" (В редакции Указа Президента Российской Федерации от 16.12.2015 г. №623)	Консультант Плюс

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан, в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехи, ун-т. Науч. б-ка. - Пермь, 2016. - Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. - Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон, версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». - Санкт-Петербург, 2010-2016. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер, сети Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. — Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. - Ann

Arbor, 2016. - Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtsglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер, сети Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. — Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон, версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон, б-ка дис. - Москва, 2003-2016. - Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер, сеть Науч, б-ки Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. - Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон, журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ, яз.] / University of Cambridge. — Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. - Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/> - Загл. с экрана. 11.

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. - Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. - Москва, 1992-2016. - Режим доступа: Компьютер, сеть Науч, б-ки Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. - Загл. с экрана.

2. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив, док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. - Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. - Санкт-Петербург, 2009-2013. - Режим доступа: Компьютер, сеть Науч, б-ки Перм. нац. исслед. политехи, ун-та. - Загл. с экрана.

## 7. Описание материально-технической базы

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 3

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Экран настенный проекционный WS 150	2	Оперативное управление	0036, 004 к.4
2	Ноутбук ASUS K53SC	1	Оперативное управление	0036к.4
3	Проектор BenQ MS510	1	Оперативное управление	0036 к.4

### 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

##### • Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

##### • Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена в 5 семестре по дисциплине, в устно-письменной форме, по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Пример билета представлен в приложении 1.

##### • Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в табл. 6.

Таблица 6

Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.
4	Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками



Оценка	Критерии оценивания
	применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 2.1.3. “Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение” разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

#### 10.1 Типовые задачи и творческие задания:

**Задание 1.** Общий расход теплоносителя в тепловой сети  $200 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Вариант а) предусматривает установку сетевых насосов в источнике, напор насосов  $H_a=1000 \text{ кПа}$ .

Вариант б): напор установленных сетевых насосов  $H_b=7 \text{ кг/см}^2$  и дополнительно в точке X установлена насосная станция производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напором  $0,3 \text{ МПа}$ .

В обоих вариантах диаметры трубопроводов тепловой сети одинаковы.

Требуется:

1. Выбрать наиболее эффективный вариант
2. Обосновать выбор расчетом.

**Задание 2.** Рассчитать воздухообмен в помещении по тепло- и влаговыведениям в теплый и холодный период. Местные приточные и вытяжные системы отсутствуют. Рассчитать нагрузку на калориферы ступени подогрева  $Q_{сп}$ .

Исходные данные для теплого периода:  $t_H=21^\circ\text{C}$ ;  $i_H=51$  кДж/кг;  $t_Y=25^\circ\text{C}$ ;  $\Delta Q_{II}=50$  кВт;  $\Delta W=9$  кг/ч;

для холодного периода:  $t_H=-35^\circ\text{C}$ ;  $i_H=-35$  кДж/кг;  $t_Y=22^\circ\text{C}$ ;  $\Delta Q_{II}=5$  кВт;  $\Delta W=16$  кг/ч. Оценить эффективность возможных вариантов утилизации тепловой энергии в системе вентиляции.

**Задание 3.** Рассчитать требуемую поверхность нагрева и подобрать скоростной кожухотрубный водоводяной подогреватель, предназначенный для подогрева водопроводной воды, поступающей в систему горячего водоснабжения.

Исходные данные: расход сетевой воды – 2 л/мин;

расход воды на ГВС – 0,144 т/ч;

температура горячей воды –  $t_2 = 55^\circ\text{C}$ ;

температура холодной воды –  $5^\circ\text{C}$ ;

температура греющей воды –  $T_1 = 90^\circ\text{C}$ .

Оценить возможность замены подогревателя на тип подогревателя с большей эффективностью.

**Задание 4.** Построить пьезометрический график при динамическом режиме работы тепловой сети:

Дано: Температура теплоносителя в расчетный период  $T_1 = 150^\circ\text{C}$ ,

Удельные потери давления :  $R_{уд} = 6-12$  мм/м;

Потери на абоненте  $\Delta N_{аб} = 300$  кПа;

Располагаемый перепад на источнике  $\Delta N_{ист} = 0,20$  МПа;

Нагревательные приборы – чугунные радиаторы;

Допустимое давление на источнике 14 кг/см<sup>2</sup>.

Рельеф местности и расположение абонентов приведены в приложении.

Оценить последствия изменения режима при переходе на температурный график с пониженной температурой.

**Задание 5.**

Часть 1:

Определить расчетно-часовой расход природного газа для хлебозавода для города с населением 120000 жителей. Степень охвата хлебозавода газоснабжением 80%.

Низшая рабочая теплота сгорания газа определяется по составу газа:

Месторождение газа	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N+ редкие газы –
Медвежье (Тюменская обл.)	99,2	0,12	-	-	0,01	0,01	0,6

Влажность газа не учитывать.

Часть 2.

Подобрать диаметр участка газопровода среднего давления и определить действительное давление в конце участка у потребителя.

Длина участка 2600 м, начальное давление 0,6 МПа, конечное давление 0,46 МПа.

Низшая рабочая теплота сгорания газа  $Q_n^p = 37000$  кДж/м<sup>3</sup>, плотность газа  $\rho_r = 0,8$  кг/м<sup>3</sup>.

Общая теплопроизводительность газоиспользующего оборудования составляет 156800 МДж/ч, коэффициент полезного действия оборудования составляет 0,8.

**Задание 6.** При реконструкции центральной СКВ были заменены ТЭНы электрокалорифера. На испытаниях при потребляемой мощности электрокалорифера 7,5 кВт, величине полного давления 83 Па, величине статического давления 8,15 мм вод.ст., длине окружности круглого воздуховода 1,4 м (наружный обмер) и толщине стенки воздуховода 0,8 мм обеспечивался подогрев воздуха на  $4,2^\circ\text{C}$ . Выполнить анализ

конструктивного совершенства электрокалорифера (определить его эффективность), обосновать необходимость его улучшения и предложить возможные мероприятия, перечислить приборы, необходимые для определения основных технических характеристик.

**Задание 7.** Привести сравнительную характеристику экономичности систем холодоснабжения центрального кондиционера, выполненного на базе парокомпрессионной холодильной машины с воздушным и водяным охлаждением конденсатора с использованием оборотной системы водоснабжения (на примере ХМ, работающей на хладагенте R22 при температуре кипения, обеспечивающей температуру холодоносителя +5 С и температуре конденсации, определяемой параметрами наружного воздуха для г.Краснодар). Для анализа построить циклы работы ПКХМ для рассматриваемых вариантов.

**Задание 8.** Определить возможность использования насосного агрегата и мощность приводного двигателя при использовании для охлаждения водяного конденсатора в системе холодоснабжения центрального кондиционера. Известны: характеристика насоса (приложение), нагрузка на испаритель холодильной машины 116 кВт, коэффициент использования энергии ХМ, равный 3,2, перепад температур воды на входе-выходе конденсатора 3,7°С, внутренний диаметр трубопроводов 50 мм, общая длина трубопроводов 62 м, коэффициент гидравлического трения 0,026, сумма коэффициентов местных сопротивлений 41, разность высот установки насоса и теплообменника холодильной машины 8 м, система открытого типа. Предложить мероприятия, направленные на снижение потребляемой мощности и оценить их эффективность.

**Задание 9.** Рассмотреть возможные технологии обеспечения температурного режима и определить расчетную температуру в отсеке передвижной диагностической лаборатории, смонтированной на транспортном средстве, если располагаемая электрическая мощность установленного автономного источника электроснабжения для обеспечения работы средств обогрева отсека (электрического генератора с бензиновым двигателем)  $N=0,3$  кВт. Ограждение выполнено из стальной обшивки толщиной 1 мм, двух слоев пароизоляции толщиной 0,5 мм каждый, слоя пенополиуретана толщиной 20 мм и пластика толщиной 2,5 мм с коэффициентами теплопроводности 58; 0,2; 0,05 и 0,15 Вт/(м\*К) соответственно. Размеры отсека 3,5x2,7x2,3 м. Коэффициенты теплоотдачи на наружной/внутренней поверхности ограждения принять согласно действующих норм. Эксплуатация лаборатории производится с момента окончания отопительного периода.

**Задание 10.** Определить относительную экономию тепловой энергии и расхода воды на тепловлажностную обработку воздуха в центральной СКВ с первой рециркуляцией по сравнению с прямоточной для холодного периода года в г. Перми. Воздух обрабатывается в воздухонагревателях первой и второй ступени и камере орошения. Отношение расходов наружного и рециркуляционного воздуха составляет 4,5:1. Воздух на рециркуляцию забирается из рабочей зоны. Требуемое влагосодержание приточного воздуха 5,4 г/кг с.в., температура приточного воздуха 15°С. Оценить возможность установки камеры смешения до и после воздухонагревателя первой ступени.

**Задание 11.** Наружный воздух с расходом 25000 м<sup>3</sup>/ч при температуре -35°С и энтальпии - 34,5 кДж/кг нагревается в электрокалорифере центральной СКВ до температуры 19°С и увлажняется паром из парогенератора с электронагревательными элементами. Определить требуемую паропроизводительность парогенератора для обеспечения расчетной относительной влажности воздуха 55%, потребляемую электрическую мощность для работы парогенератора и электрокалорифера, приняв их эффективность  $E=0,75/0,7$  соответственно, перечислить способы регулирования теплопроизводительности электрокалориферов и паропроизводительности парогенераторов. Сравнить показатели энергопотребления рассматриваемой технологии обработки воздуха и других возможных технологий.

**Задание 12.** Определить годовую потерю условного топлива котельной с тремя котлами ДЕ-10-14 при отсутствии использования тепла продувочной воды. Число часов использования установленной мощности  $N_y = 5500$ , процент продувки  $P_{пр} = 5\%$  теплосодержание котловой воды  $i_{кв} = 845$  кДж/кг, температура исходной воды  $t_{ив} = 5$  °С, теплотворная способность топлива  $Q_p^H = 25000$  кДж/кг.

**Задание 13.** В Перми имеется жилой дом с однотрубной системой отопления без замыкающих участков. Система подключена к тепловой сети через элеваторный узел. Жители регулярно жалуются на перетопы помещений. Средняя температура внутреннего воздуха за отопительный сезон 2019-2020гг составляет +27 °С. Определить потенциал энергосбережения в системе отопления жилого дома. Предложить рекомендации по энергосберегающим мероприятиям.

**Задание 14.** В здании планируют внедрить систему автоматики в тепловом пункте. Затраты на установку автоматики составляют 400 тыс руб. Прогнозируемое снижение потребления тепловой энергии заданием на 10% относительно текущего потребления, которое составляет 800 Гкал/год. Стоимость 1 Гкал/ч принять по действующему тарифу ООО «Пермская сетевая компания». Выполнить расчет дисконтированного срока окупаемости автоматики теплового пункта и сделать вывод о целесообразности ее внедрения. Норму дисконтирования принять равной ставке рефинансирования ЦБ РФ.

**Задание 15.** В офисном здании оценивают целесообразность замены традиционных смесителей на бесконтактные. Затраты на замену всех смесителей (30шт.) составляют 210 тыс руб. Из опыта на аналогичном объекте общий экономический эффект, от внедрения бесконтактных смесителей, должен составить 50 тыс. руб/год. Пояснить, за счет чего достигается этот экономический эффект. Выполнить расчет индекса доходности инвестиций при реализации мероприятия по замене смесителей и сделать вывод о целесообразности ее внедрения. Норму дисконтирования принять равной ставке рефинансирования ЦБ РФ.

**Задание 16.** При энергоаудите здания были даны рекомендации по замене тепловой изоляции на участке магистрали отопления  $\phi 108 \times 4,0$  мм, поскольку тепловые потери от трубопровода превышают нормативные на 40%. Общая длина трубы, где необходима замена тепловой изоляции составляет 100 метров. Существующие тепловые потери магистральной трубы -107 Вт/пм. Рассчитать потенциал энергосбережения. Определить чистый дисконтированный доход от замены тепловой изоляции, если известно, что стоимость теплоизолирующей трубки длиной 2 метра составляет 110 руб, а стоимость ее монтажа - 180 руб. Период расчета должен быть равен сроку службы изоляции – 25 лет. Норму дисконтирования принять равной ставке рефинансирования ЦБ РФ.

**Задание 17.** За счет внедрения энергосберегающего мероприятия достигается экономия энергоресурсов. Сумма экономии составляет 137 тыс руб в год. Капитальные затраты на энергосберегающее мероприятие - 1 млн руб. Срок службы внедряемого оборудования – 10 лет. Оценить целесообразность внедрения этого мероприятия на основе расчета критериев экономической эффективности: чистый дисконтированный доход, дисконтированный срок окупаемости, индекс доходности. Норму дисконтирования принять равной ставке рефинансирования ЦБ РФ. Период расчета принять самостоятельно, выбор его должен быть обоснован.

**Задание 18.** Подобрать диаметр участка газопровода среднего давления и определить действительное давление в конце участка у потребителя. Сравнить два варианта металлический и полиэтиленовый газопровод. Сформулировать достоинства и недостатки каждого варианта. Длина участка 2950 м, начальное давление 220 кПа, конечное давление 150 кПа. Низшая рабочая теплота сгорания газа  $Q_H^P = 38000$  кДж/м<sup>3</sup>, плотность газа

$\rho_r=0,79\text{кг/м}^3$ . Общая теплопроизводительность газоиспользующего оборудования составляет 91200МДж/ч, коэффициент полезного действия оборудования составляет 0,8.

## 10.2 Теоретические вопросы для собеседования

1. Основные нормативные документы в области энергоресурсосбережения.
2. Что такое возобновляемые энергоресурсы? Привести примеры.
3. Что такое невозобновляемые энергоресурсы? Привести примеры.
4. Энергетическое обследование. Его основные цели и задачи.
5. Цели и задачи инструментальных обследований. Приборный парк энергоаудитора.
6. Энергетический паспорт.
7. Понятие энергетического потенциала и энергоэффективности.
8. Объекты обязательного энергетического обследования.
9. Основные энергосберегающие мероприятия, применяемые в системах теплоснабжения.
10. Основные энергосберегающие мероприятия, применяемые в системах отопления и вентиляции.
11. Основные энергосберегающие мероприятия, применяемые в системах горячего и холодного водоснабжения.
12. Программные комплексы для выполнения тепловых, гидравлических и аэродинамических расчетов в системах теплогазоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха.
13. Перспективы цифровизации инженерных систем объектов в строительной отрасли.
14. Варианты финансирования энергосберегающих мероприятий и ранжирование их по сроку окупаемости.
15. Тарификация в сфере потребления энергоресурсов и роль государства в ней.
16. Комплексное развитие систем теплоснабжения г. Пермь. Цели и задачи. Принципиальная схема системы теплоснабжения.
17. Структура и устройство систем транспортировки тепловой энергии. Основные элементы тепловых водяных сетей. Современные материалы и оборудование систем транспорта тепловой энергии.
18. Надежность системы теплоснабжения. Основные показатели. Методы повышения надежности систем теплоснабжения.
19. Источники теплоснабжения (котельные, ТЭС). Значение комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, влияние на систему теплоснабжения. На примере описать основные элементы источника теплоснабжения.
20. Система газораспределения, основные направления комплексного развития систем газораспределения.
21. Принципиальная схема системы газораспределения. Назначение основных элементов, Основные элементы системы газораспределения. Классификация систем газораспределения.
22. Программы комплексного развития систем теплоснабжения, цели, задачи, принципы разработки, Целевые показатели развития систем коммунальной инфраструктуры.
23. Прокладка газопроводов в особых условиях. Принципы обеспечения надежной работы систем газораспределения.
24. Экологическая безопасность систем теплоснабжения, газоснабжения.
25. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: Энергетика и энергосбережение; Рациональное природопользование.
26. Критические технологии Российской Федерации.
27. Технологии водородной энергетики.
28. Технологии новых и возобновляемых источников энергии.

29. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.
30. Технологии производства топлив и энергии из органического сырья.
31. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.
32. Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем.
33. Совершенствование, оптимизация и повышение надежности систем теплогаснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, методов их расчета и проектирования.
34. Использование нетрадиционных источников энергии.
35. Технологические вопросы теплогаснабжения.
36. Технологические вопросы вентиляции и кондиционирования воздуха.
37. Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований систем теплогаснабжения.
38. Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований систем вентиляции, кондиционирования воздуха, защиты от шума.
39. Тепловой, воздушный и влажностный режимы зданий различного назначения
40. Тепломассообмен в ограждениях и разработка методов расчета энергосбережения в зданиях.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ТВ и ВВ».

Пример типовой формы экзаменационного билета

**Программа**

Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха, газоснабжение

**Кафедра**

Теплогазоснабжение, вентиляция и  
водоснабжение, водоотведение

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»

**БИЛЕТ № 1**

1. Программные комплексы для выполнения гидравлических расчетов в системах теплоснабжения. Область применения и сравнительная характеристика.

2. В здании планируют внедрить систему автоматики в тепловом пункте. Затраты на установку автоматики составляют 400 тыс руб. Прогнозируемое снижение потребления тепловой энергии заданием на 10% относительно текущего потребления, которое составляет 800 Гкал/год. Стоимость 1 Гкал/ч принять по действующему тарифу ООО «Пермская сетевая компания». Выполнить расчет дисконтированного срока окупаемости автоматики теплового пункта и сделать вывод о целесообразности ее внедрения.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Фамилия И.О.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

### Лист регистрации изменений

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		