

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»**

**Инженерно-технический институт**

*Кафедра Технологических машин и технологии машиностроения*

**Рабочая программа дисциплины**  
включая фонд оценочных средств и методические указания  
для самостоятельной работы обучающихся

---

**Б1.О.22 Теплотехника**

Направление подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы

Направленность (профиль) – «Автомобиле- и тракторостроение»


Квалификация – бакалавр

Количество зачётных единиц (часов) – 3 (108 ч)


г. Екатеринбург  
2021

Разработчик программы: к.т.н., доцент  /А.И. Сафронов/

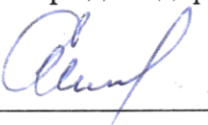
Рабочая программа утверждена на заседании кафедры управления в технических системах и инновационных технологий  
(протокол № 5 от «20» 01 2021 года).

Зав. кафедрой  /А.Г. Гороховский/

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией инженерно-технического института  
(протокол № 6 от «04» 02 2021 года).

Председатель методической комиссии ИТИ  /А.А. Чижов /

Рабочая программа утверждена директором инженерно-технического института

Директор ИТИ  /Е.Е. Шишкина/  
« 04 » 03 2021 года

## Оглавление

1. Общие положения .....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	5
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов .....	6
5.1. Трудоемкость разделов дисциплины .....	6
5.2. Содержание занятий лекционного типа .....	6
5.3. Темы и формы занятий семинарского типа .....	7
5.4. Детализация самостоятельной работы .....	8
6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине .....	8
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	10
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы .....	10
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания .....	10
7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы .....	11
7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций .....	21
8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся .....	22
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	22
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	23

## 1. Общие положения.

Дисциплина «Теплотехника» относится к дисциплинам (модулям) учебного плана, входящего в состав образовательной программы высшего образования 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы (профиль – Автомобиле- и тракторостроение). Дисциплина «Теплотехника» является дисциплиной обязательной части учебного плана.

Нормативно-методической базой для разработки рабочей программы учебной дисциплины «Теплотехника» являются:

- Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации", утвержденный приказом Минобрнауки РФ № 273-ФЗ от 29.12.2012;

- Приказ Минобрнауки России № 301 от 05.04.2017 г. об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 915 от 07.08.2020 г.

- Профессиональный стандарт «Конструктор в автомобилестроении» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты от Российской Федерации от 13 марта 2017 г. № 258н.

- Учебные планы образовательной программы высшего образования направления 23.03.02 – «Наземные транспортно-технологические комплексы» (направленность (профиль) – «Аutomobile- и тракторостроение»), подготовки бакалавров по очной и заочной форме обучения, одобренный Ученым советом УГЛТУ (протокол № 8 от 27.08.2020) и утвержденный ректором УГЛТУ (27.08.2020).

Обучение по образовательной программе 23.03.02 – «Наземные транспортно-технологические комплексы» (направленность (профиль) – «Аutomobile- и тракторостроение») осуществляется на русском языке.

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

Планируемыми результатами обучения по дисциплине, являются знания, умения, владения и/или опыт деятельности, характеризующие этапы/уровни формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы в целом.

**Целью изучения дисциплины** является теоретическая и практическая подготовка бакалавта, способного осуществить обоснованный выбор и грамотную эксплуатацию современного теплотехнического оборудования на основе принципов совершенствования технологических процессов, экономии и рационального использования энергоресурсов.

**Задачей изучения дисциплины** является формирование у студента знаний основных законов получения, преобразования, передачи и использования тепловой энергии, а также принципов действия и конструктивных особенностей теплотехнического оборудования.

### **Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**ОПК-1** – способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;

**В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

- **знать**: основные законы получения, передачи и преобразования тепловой энергии, методы эффективного использования теплоты, принципы действия и области применения теплоэнергетического оборудования;
- **уметь**: производить тепловые расчеты и измерения основных теплотехнических показателей, проводить технико-экономическую оценку эффективности методов генерации, передачи и использования тепловой энергии;
- **владеть навыками** применения основных законов термодинамики и теплообмена, сравнительного анализа различных способов проведения процессов теплообмена.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина относится к обязательной части учебного плана, что означает формирование в процессе обучения у бакалавра профессиональных знаний и компетенций в рамках выбранного направления, а также навыков производственно-технологической деятельности в подразделениях организаций.

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин ОПОП и написания выпускной квалификационной работы (см. табл.).

#### *Перечень обеспечивающих, сопутствующих и обеспечиваемых дисциплин*

	Обеспечивающие	Сопутствующие	Обеспечиваемые
1.	Математика	Инженерная графика	Гидравлика и гидропневмопривод
2.	Физика		Электротехника и электроника
3.	Химия		Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Указанные связи дисциплины «Теплотехника» дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии с ФГОС ВО, что обеспечивает требуемый теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения и будущей деятельности выпускника.

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### *Общая трудоемкость дисциплины*

Вид учебной работы	Всего академических часов	
	очная форма	заочная форма
<b>Контактная работа с преподавателем*:</b>	<b>52,25</b>	<b>12,25</b>
лекции (Л)	18	4
практические занятия (ПЗ)	18	4
лабораторные работы (ЛР)	16	4
промежуточная аттестация (ПА)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	<b>55,75</b>	<b>95,75</b>
изучение теоретического курса	33	57
подготовка к текущему контролю знаний	11	19
подготовка к промежуточной аттестации	11,75	19,75
<b>Вид промежуточной аттестации:</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3/108</b>	<b>3/108</b>

\**Контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, включает занятия лекционного типа, и (или) занятия семинарского типа, лабораторные занятия, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающегося с преподавателем.*

лем, а также аттестационные испытания промежуточной аттестации. Контактная работа может включать иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Часы контактной работы определяются Положением об организации и проведении контактной работы при реализации образовательных программ высшего образования, утвержденным Ученым советом УГЛУ от 25 февраля 2020 года.

## 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов

### 5.1 Трудоемкость разделов дисциплины

#### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Техническая термодинамика	6	4	8	18	14
2	Основы теории теплообмена	8	8	8	24	20
3	Промышленная теплотехника	4	6		10	10
<b>Итого по разделам:</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>52</b>	<b>44</b>
Промежуточная аттестация		-	-	-	0,25	11,75
<b>Всего:</b>		<b>108</b>				

#### Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Техническая термодинамика	1	2	2	5	25
2	Основы теории теплообмена	2	2	2	6	35
3	Промышленная теплотехника	1			1	16
<b>Итого по разделам:</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>76</b>
Промежуточная аттестация		-	-	-	0,25	19,75
<b>Всего:</b>		<b>108</b>				

### 5.2 Содержание занятий лекционного типа

#### Тема 1. Техническая термодинамика.

Предмет теплотехники, связь с другими отраслями знаний. Основные понятия и определения технической термодинамики. Первый закон термодинамики, энтальпия,  $p-v$  - диаграмма. Теплоемкость газов.

Второй закон термодинамики, энтропия,  $T-s$  - диаграмма. Понятие о циклах, термический КПД цикла. Циклы Карно, холодильных машин, тепловых насосов. Основные термодинамические процессы идеальных газов. Реальные газы - водяной пар. Процессы парообразования в  $p-v$ ,  $T-s$  и  $h-s$  - диаграммах. Влажный воздух.

Термодинамика открытых систем: уравнение первого закона термодинамики для потока, течение газа в соплах и диффузорах, дросселирование газов и паров. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Циклы теплосиловых установок: двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и паротурбинных установок.

#### Тема 2. Основы теории теплообмена

Виды и количественные характеристики переноса тепла. Теплопроводность: закон Фурье, коэффициент теплопроводности, передача тепла теплопроводностью через плоскую и цилиндрическую стенки.

Конвективный теплообмен: закон Ньютона - Рихмана, коэффициент теплоотдачи. Понятие теплового пограничного слоя и начального участка. Основные критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи.

Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация). Передача тепла излучением: основные определения, законы Стефана - Больцмана и Кирхгофа, теплообмен излучением между двумя телами.

Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки, коэффициент теплопередачи. Методы интенсификации теплопередачи. Основы расчета теплообменных аппаратов: уравнения теплового баланса и теплопередачи, схемы движения теплоносителей, средний температурный напор. Типовые конструкции теплообменных аппаратов.

### Тема 3. Промышленная теплотехника

Виды и характеристики топлива, основы горения. Котельные установки: классификация, принципиальная технологическая схема. Устройство парового котла. Охрана окружающей среды от вредных выбросов котельных установок.

Тепловой баланс и КПД котельного агрегата. Типы и конструкции паровых и водогрейных котлов, основы водоподготовки. Тепловые электрические станции: принципиальные схемы конденсационной ТЭС и ТЭЦ.

### 5.3 Темы и формы занятий семинарского типа

Учебным планом по дисциплине предусмотрены практические и лабораторные занятия.

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоёмкость, час	
			Очная	Заочная
1.	Тема 1. Расчет политропного процесса идеального газа.	Практическое занятие	2	2
2	Тема 1. Расчет паротурбинной установки, работающей по циклу Ренкина.	Практическое занятие	2	
3	Тема 1. Определение изобарной теплоемкости воздуха.	Лабораторное занятие	2	2
4	Тема 1. Определение показателя адиабаты.	Лабораторное занятие	2	
5	Тема 1. Определение теплоты парообразования воды.	Лабораторное занятие	4	
6	Тема 2. Расчет передачи тепла теплопроводностью через многослойную плоскую стенку.	Практическое занятие	2	
7	Тема 2. Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости.	Практическое занятие	2	2
8	Тема 2. Расчет теплообменного аппарата.	Практическое занятие	4	
9	Тема 2. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов и коэффициента теплопередачи.	Лабораторное занятие		2
10	Тема 2. Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб.	Лабораторное занятие	4	
11	Тема 2. Исследование теплоотдачи при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве.	Лабораторное занятие	4	
12	Тема 3. Расчет производственно-отопительной котельной	Практическое занятие	6	
<b>Итого часов:</b>			<b>34</b>	<b>8</b>

#### 5.4 Детализация самостоятельной работы

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час	
			очная	заочная
1	Тема 1. Техническая термодинамика	Изучение теоретического курса Подготовка к текущему контролю	14	25
2	Тема 2. Основы теории теплообмена	Изучение теоретического курса Подготовка к текущему контролю	20	35
3	Тема 3. Промышленная теплотехника	Изучение теоретического курса Подготовка к текущему контролю	10	16
Подготовка к промежуточной аттестации			11,75	19,75
<b>Итого:</b>			<b>55,75</b>	<b>95,75</b>

#### 6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

##### *Основная и дополнительная литература*

№	Автор, наименование	Год издания	Примечание
<b><i>Основная литература</i></b>			
1	Круглов, Г. А. Теплотехника : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — Челябинск : ИАИ ЮУрГАУ, 2008. — 229 с. — ISBN 978-5-87039-163-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/9747">https://e.lanbook.com/book/9747</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2008	Полнотекстовой доступ при входе по логину и паролю*
2	Круглов, Г. А. Теплотехника : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-5553-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/143117">https://e.lanbook.com/book/143117</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2020	Полнотекстовой доступ при входе по логину и паролю*
<b><i>Дополнительная литература</i></b>			
3	Теплотехника. Практический курс : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова, М. В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167462">https://e.lanbook.com/book/167462</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2021	Полнотекстовой доступ при входе по логину и паролю*
4	Круглов, Г. А. Основы теплотехники : учебное пособие для спо / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-6805-8. — Текст : электронный // Лань :	2021	Полнотекстовой доступ при входе по ло-



№	Автор, наименование	Год издания	Примечание
	электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152638">https://e.lanbook.com/book/152638</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.		гину и паролю*
5	Теплотехника : учебно-методическое пособие / Л. В. Лифенцева. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-8353-2574-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135209">https://e.lanbook.com/book/135209</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2019	Полнотекстовой доступ при входе по логину и паролю*

\*- предоставляется каждому студенту УГЛТУ.

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий.

#### Электронные библиотечные системы

- ЭБС Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит учебники, учебные пособия, монографии, издательские коллекции, обучающие мультимедиа, аудиокниги, энциклопедии (<http://biblioclub.ru/>);
- электронно-библиотечная система издательства Лань (<http://e.lanbook.com/>);
- научная электронная библиотека (<https://elibrary.ru/>);
- электронный архив УГЛТУ (<http://lib.usfeu.ru/>);

#### Справочные и информационные системы

- «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>);
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал (<http://window.edu.ru/>);

#### Профессиональные базы данных

- ГОСТ Эксперт. Единая база ГОСТов РФ (<http://gostexpert.ru/>);
- информационные базы данных Росреестра (<https://rosreestr.ru/>);
- ФБУ РФ Центр судебной экспертизы (<http://www.sudexpert.ru/>);
- Транспортный консалтинг ([http://trans-co.ru/?page\\_id=13](http://trans-co.ru/?page_id=13));
- Рестко Холдинг (<https://www.restko.ru/>).

#### Нормативно-правовые акты

1. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 года N51-ФЗ.
2. Федеральный закон «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 08.12.2020).
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ.
4. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 N 149-ФЗ.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Вид и форма контроля
<b>ОПК-1</b> - способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	<b>Промежуточный контроль:</b> контрольные вопросы к зачету <b>Текущий контроль:</b> защита лабораторных работ, выполнение задания на практической работе,

### 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

**Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы к зачету (промежуточный контроль формирование компетенции ОПК-1):**

**Зачтено** - дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

**Зачтено** - дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные обучающимся с помощью «наводящих» вопросов;

**Зачтено** - дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания обучающимся их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

**Не зачтено** - обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

**Критерии оценивания защиты лабораторных работ (текущий контроль формирования компетенций ОПК-1):**

**отлично** - выполнены все задания, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

**хорошо** - выполнены все задания, обучающийся без с небольшими ошибками ответил на все контрольные вопросы.

**удовлетворительно** - выполнены все задания с замечаниями, обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

**неудовлетворительно** - обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания, ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на конкретные вопросы.

**Критерии оценивания выполнения задания на практической работе (текущий контроль формирования компетенций ОПК-1):**

**отлично** - выполнены все задания четко и без ошибок, отчет соответствует требованиям, выводы верны

**хорошо** - выполнены все задания имеются небольшие ошибки, отчет соответствует требованиям, выводы верны

**удовлетворительно** - выполнены все задания с замечаниями, отчет соответствует требованиям, выводы обучающийся сформулировал при помощи преподавателя

**неудовлетворительно** - обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания, отчет не подготовлен или не соответствует требованиям, выводы обучающийся сформулировать не может

**7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Контрольные вопросы к зачету (промежуточный контроль)**

Промежуточная аттестация по дисциплине согласно учебному плану проводится в форме зачета. Билет для сдачи зачета включает в себя два вопроса из теоретической части курса. Перечень контрольных вопросов приведен ниже.

1. Основные понятия технической термодинамики, параметры и уравнения состояния, термодинамический процесс.
2. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения.
3. Второй закон термодинамики, энтропия, T-s-диаграмма.
4. Круговые термодинамические процессы (прямые и обратные циклы). Цикл Карно. Термический КПД цикла.
5. Теплоемкость: определение,  $c_p$  и  $c_v$  и связь между ними.
6. Водяной пар как рабочее тело, закономерности парообразования.
7. Термодинамические процессы идеальных газов.
8. Термодинамика смеси идеальных газов. Влажный воздух.
9. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.
10. Дросселирование газов и паров.
11. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.
12. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
13. Термодинамические циклы паротурбинных установок.
14. Термодинамический цикл газотурбинной установки.
15. Виды и количественные характеристики переноса тепла, понятие теплоотдачи и теплопередачи.
16. Передача тепла теплопроводностью: закон Фурье, физический смысл коэффициента теплопроводности.
17. Конвективный теплообмен: закон Ньютона-Рихмана, коэффициент теплоотдачи и факторы, влияющие на его величину.
18. Тепловой пограничный слой и термический начальный участок.
19. Виды критериальных уравнений конвективного теплообмена. Физический смысл критериев подобия  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Gr$ ,  $Pr$ .
20. Теплоотдача при конденсации и кипении.
21. Передача тепла излучением: основные понятия и определения, закон Стефана-Больцмана.
22. Теплопередача и методы ее интенсификации, физический смысл коэффициента теплопередачи.

23. Уравнения теплового баланса теплообменных аппаратов «жидкость-жидкость» и «пар-жидкость».
24. Основы методики расчета теплообменных аппаратов.
25. Типовые конструкции теплообменных аппаратов.
26. Виды и характеристики энергетического топлива, основы горения.
27. Основные конструкции паровых и водогрейных котлов, их классификация по производительности.
28. Котельные установки: классификация, принципиальные технологические схемы.
29. Тепловой баланс котельного агрегата. КПД котла и КПД ТЭС.

### **Пример лабораторной работы «Исследование теплоотдачи при движении жидкости в пучке труб» и вопросы для ее защиты (текущий контроль)**

#### **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В рекуперативных теплообменных аппаратах осуществляется теплопередачей от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку труб. Один теплоноситель протекает внутри труб, скомпонованных в виде пучка, другой - в межтрубном пространстве.

Процесс теплообмена между любым теплоносителем и стенкой называется теплоотдачей.

Интенсивность теплоотдачи определяется характером движения теплоносителя, а также геометрическими размерами и взаимным расположением труб в пучке.

При поперечном омывании теплоносителем пучков труб различают следующие режимы движения: ламинарный, смешанный и турбулентный. Наибольшее распространение получил смешанный режим, при котором жидкость между трубами движется турбулентно, а трубы первого ряда омываются ламинарным потоком.

Он наблюдается при значении критерия Рейнольдса равным  $10^3 \dots 10^5$ ; при  $Re > 10^5$  имеет место турбулентный режим, а при  $Re < 10^3$  – ламинарный.

Характерной особенностью смешанного и турбулентного режимов является отрыв потока от поверхности трубы и образование вихрей (рис. 1). Картина смывания поверхности существенно зависит от взаимного расположения труб в пучке: шахматного или коридорного (рис. 2). Трубы первого ряда обоих пучков омываются одинаково (рис. 1): на лобовой поверхности жидкости образуется пограничный слой, толщина которого по мере перемещения жидкости к экватору постепенно возрастает. Около экватора этот слой отрывается от поверхности и уносится потоком.

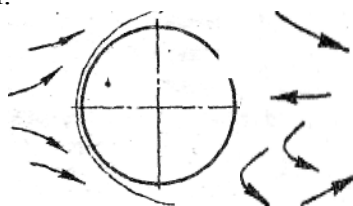


Рис. 1 Обтекание одиночной трубы

В кормовой части трубы стенка омывается возникающими вихрями, которые непрерывно смешиваются с основным потоком.

Интенсивность теплоотдачи по периметру трубы определяется характером омывания, поэтому коэффициент теплоотдачи имеет максимальное значение в лобовой точке, постепенно уменьшаясь за счет увеличения толщины прогретого слоя.

После отрыва пограничного слоя от поверхности коэффициент теплоотдачи снова возрастает за счет образования вихревой зоны. Однако лобовая часть труб второго и последующих рядов затеняется впереди расположенными трубами, в результате чего омывается с меньшей интенсивностью.

Поэтому максимальное значение коэффициента теплоотдачи смещается на боковые

участки, где происходит набегание потока, движущегося между труб. Начиная с 3-го ряда, устанавливается турбулентность, характерная для данной компоновки пучка, и теплоотдача стабилизируется.

При расчете теплообменных аппаратов обычно используется средний по периметру трубы коэффициент теплоотдачи, который определяется для третьего и последующих рядов по эмпирическому критериальному уравнению

$$Nu_{ж,\alpha} = c Re_{ж,\alpha}^n Pr_{ж}^{0,33} \left(\frac{Pr_{жк}}{Pr_c}\right)^{0,25} \varepsilon_s, \quad (1)$$

где  $c = 0,41$ ,  $n = 0,6$  - для шахматных пучков;

$c = 0,28$ ,  $n = 0,65$  - для коридорных пучков;

$Pr_{ж}$  и  $Pr_c$  - числа Прандтля, принимаемые по таблице 1 соответственно при температуре потока воздуха и при температуре стенки трубы;

$\varepsilon_s$  - коэффициент, учитывающий влияние на интенсивность теплоотдачи поперечного  $S_1$  и продольного  $S_2$  шагов труб (рис. 2).

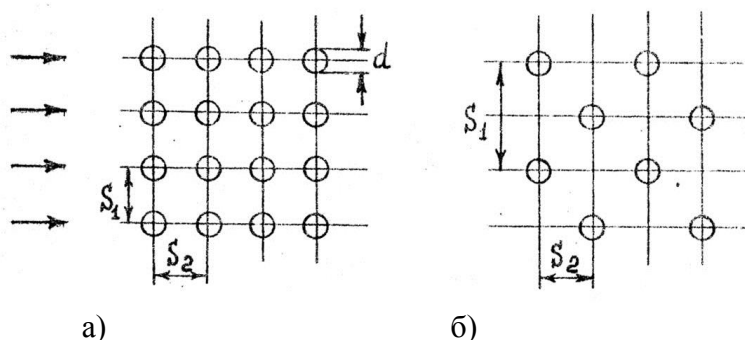


Рис. 2 Характер расположения труб для коридорного (а) и шахматного (б) пучков

Таблица 1

Физические параметры сухого воздуха

$t_b, ^\circ\text{C}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
10	1,51	14,16	0,705
20	2,59	15,06	0,703
30	2,67	16,00	0,701
40	2,76	16,96	0,699
50	2,83	17,95	0,697
60	2,90	18,97	0,696
70	2,96	20,02	0,694
80	3,05	21,09	0,692

Для коридорного пучка  $\varepsilon_s = (s_2/d)^{-0,15}$ ;

Для шахматного -  $\varepsilon_s = \left(\frac{s_1}{s_2}\right)^{1/6}$  при  $\frac{s_1}{s_2} < 2$ ;  $\varepsilon_s = 1,12$ , если  $\frac{s_1}{s_2} \geq 2$ .

Критерий Рейнольдса рассчитывается по формуле

$$Re_{ж,\alpha} = \frac{\omega d}{\nu}, \quad (2)$$

где  $\omega$  - скорость потока в наиболее узком сечении пучка труб, м/с;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости воздуха,  $\text{м}^2/\text{с}$  (табл. 1 при температуре воздуха -  $t_b$ ).

$d$  - наружный диаметр труб, м;

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Экспериментально исследовать зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления пучка труб от скорости движения теплоносителя.
2. Сравнить опытные данные с расчетными.

### Описание экспериментальной установки.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 3. Основным ее элементом является модель теплообменника, расположенного в аэродинамической трубе. Поток воздуха создается с помощью вентилятора 9, на входном патрубке которого имеется регулирующий шибер.

Теплообменник состоит из пучка труб диаметром 12 мм. Расположение труб в пучке коридорное, поперечный шаг между осями труб  $S_1 = 24$  мм, продольный  $S_2 = 26$  мм, число труб в ряду  $n = 8$ .

Исследование теплоотдачи производится методом локального моделирования, для чего в одну из труб пятого ряда установлен электрический нагреватель 2. Мощность нагревателя измеряется при помощи амперметра 8 и вольтметра 1. Температура набегающего потока измеряется ртутным термометром, а скорость воздуха определяется пневмометрической трубкой 3. Температура наружной поверхности нагреваемой трубки контролируется термопарой 7, холодный спай которой помещается в термостат с тающим льдом 5. Измерение ЭДС термопары производится потенциометром 6. Переход от ЭДС термопары к значению температуры поверхности трубки  $t_{ст}$  осуществляется с помощью градуировочного графика. Статический и динамический напоры, а также гидравлическое сопротивление пучка труб измеряются микроманометрами 4.

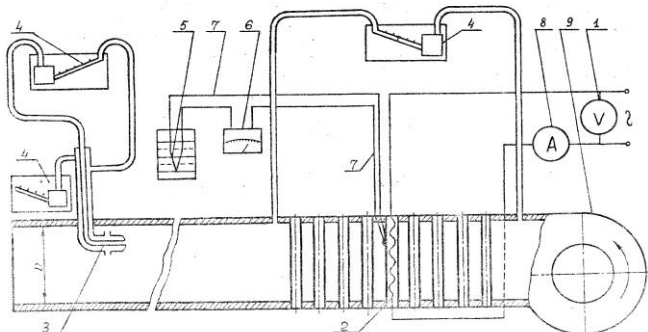


Рис. 3 Схема экспериментальной установки:

- 1 – вольтметр; 2 – нагреваемая трубка; 3 – пневмометрическая трубка; 4 – микроманометр; 5 – холодный спай термопары; 6 – потенциометр; 7 – термопара; 8 – амперметр; 9 – вентилятор.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для определения среднего по сечению трубы динамического напора воздуха пневмометрическая трубка последовательно устанавливается в пяти различных точках воздуховода.

Опыты проводятся при трех положениях шибера вентилятора: 1 - шибер полностью открыт; 2 - открыт, примерно, на 25%; 3 - закрыт полностью. Все замеры производятся при установившемся тепловом режиме, когда температура стенки нагреваемой трубки устанавливается постоянной, то есть стрелка потенциометра перестает отклоняться. Результаты замеров вносятся в таблицу 2.

## Результаты эксперимента

Наименование величин	Обозначения	Единицы измерения	Значения величин в опыте		
			1	2	3
1	2	3	4	5	6
Сила тока нагревателя	I	А			
Напряжение нагревателя	U	В			
Динамометрические напоры	H <sub>1</sub>	мм вод.ст.			
	H <sub>2</sub>	мм вод.ст.			
	H <sub>3</sub>	мм вод.ст.			
	H <sub>4</sub>	мм вод.ст.			
	H <sub>5</sub>	мм вод.ст.			
Средний динамический напор	H <sub>ср</sub>	мм вод.ст.			
Статический напор	A <sub>ст</sub>	мм вод.ст.			
Показание потенциометра	E	мВ			
Температура стенки	t <sub>с</sub>	°С			
Температура воздуха	t <sub>в</sub>	°С			
Барометрическое давление	P <sub>б</sub>	Па			
Гидравлическое сопротивление пучка	ΔS	мм вод.ст.			

Обработка опытных данных производится в критериальном виде. Для вычисления значений критериев подобия необходимо рассчитать среднюю скорость потока в узком сечении пучка  $\omega'$  и коэффициент теплоотдачи конвекцией  $\alpha$ .

Во всех применяемых ниже формулах следует обращать внимание на размерности величин: дифференциальные манометры, используемые в лаборатории, отградуированы в мм вод. ст., а в формулу 5 подставляются значения в Па (1 мм вод.ст. = 1 кг/м<sup>2</sup> = 9,81Н/м<sup>2</sup> (Па)).

Вначале определяется скорость потока воздуха за пучком, где установлена пневмометрическая трубка, м/с,

$$\omega = \sqrt{\frac{2gH_{ср}}{\rho}} \quad (3)$$

где H - динамический напор, мм вод.ст.,

$\rho$  - плотность воздуха, которая рассчитывается по формуле, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 P}{P_0 T}, \quad (4)$$

где  $\rho_0 = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> - плотность воздуха при нормальных условиях, когда  $p_0 = 101325$  Па,  $T_0 = 273$  К;  $T = 273 + t_v$  - абсолютная температура воздуха, К;

$p$  - давление воздуха, Па,

$$P = P_b + P_{ст} \quad (5)$$

По уравнению неразрывности потока рассчитывается средняя скорость в пучке труб, м/с,

$$\omega' = \frac{\omega F}{F'} , \quad (6)$$

где  $F = \frac{\pi D^2}{4}$  - сечение трубы, в котором установлена пневмометрическая трубка,  $m^2$ ,  $D = 100$  мм;

$F' = h(b - n\alpha)$  - узкое сечение в пучке труб,  $m^2$ ;  
 $h = 160$  мм - высота трубок;  
 $b = 206$  мм - ширина аэродинамической трубы;  
 $n$  - число трубок в ряду;  
 $d = 12$  мм - диаметр трубок.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией для каждого режима вычисляется по формуле,  $Вт/(m^2K)$ ,

$$\alpha = \frac{Q_k}{F_{тр}(t_c - t_{ж})} , \quad (7)$$

где  $F_{тр} = \pi dh$  - боковая поверхность нагреваемой трубки,  $m^2$ ;

$Q_k$  - теплота, передаваемая конвекцией от трубки к потоку воздуха,  $Вт$ ,

$$Q_k = Q - Q_{л} , \quad (8)$$

$Q$  - тепловая мощность нагревателя трубки,  $Вт$ ,

$$Q = IU , \quad (9)$$

где  $I$  - сила тока нагревателя,  $A$ ;

$U$  - напряжение нагревателя,  $В$ .

$Q_{л}$  - теплота, передаваемая излучением,  $Вт$ ,

$$Q_{л} = \varepsilon c_0 \left[ \left( \frac{T_c}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 \right] F_{тр} \quad (10)$$

где  $\varepsilon = 0,6$  - степень черноты трубки;

$c_0 = 5,67 \frac{Вт}{m^2K^4}$  коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$T_c$  и  $T_b$  - абсолютные температуры поверхности стенки и воздуха,  $K$ .

Все расчетные данные вносятся в табл. 3. По результатам расчетов отроются графики зависимости  $\alpha = f(\omega_{v3})$ ,  $\Delta s = f(\omega_{v3})$ ,  $lgNu_{ж,\alpha} = f(lgRe_{ж,d})$ .

На последний график (рис. 4) наносятся не только опытные точки, но и теоретическая прямая (по уравнению 1), для построения которой следует задаться двумя значениями критерия Рейнольдса (в пределах от 5000 до 50000).

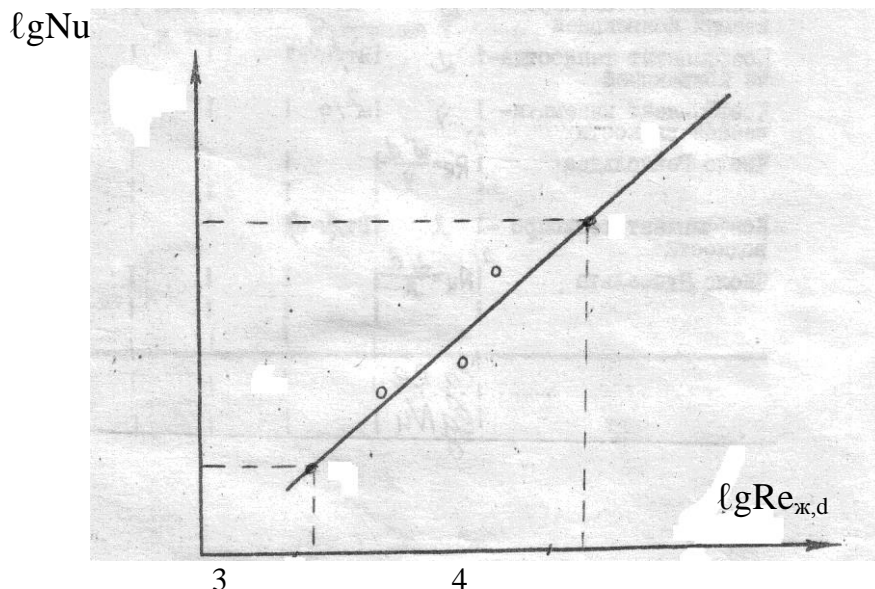




Рис. 4 Зависимость  $\lg Nu_{ж,а} = f(\lg Re_{ж,а})$

Таблица 3

Результаты расчетов

Наименование величин	Обозначения	Единицы измерения	Значения величин в опытах		
			1	2	3
1	2	3	4	5	6
Плотность воздуха	$\rho$	кг/м			
Скорость воздуха за пучком	$\omega$	м/с			
Скорость воздуха в пучке	$\omega'$	м/с			
Тепловой поток, передаваемый излучением	$Q$	Вт			
Тепловая мощность нагревателя	$Q$	Вт			
Тепловой поток, передаваемый конвекцией	$Q$	Вт			
Коэффициент теплоотдачи конвекцией	$\alpha$	Вт/(м · К)			
Коэффициент кинематической вязкости	$\nu$	м/с			
Число Рейнольдса	$Re = \frac{\omega' d}{\nu}$	Вт/(м К)			
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$				
Число Нуссельта	$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$				
	$\lg Re$ $\lg Nu$				

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
2. Какова размерность коэффициента теплоотдачи?
3. Как меняется теплоотдача по периметру трубы?
4. Различие ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости?
5. Какова зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости набегающего потока ?
6. Зависит ли коэффициент теплоотдачи от диаметра трубы?
7. Как рассчитываются числа подобия?
8. Что является определяющим размером и определяющей температурой при нахождении критериев?
9. Как определяется тепловой поток в процессах теплоотдачи и теплового излучения?

**Задания к практическим работам, на примере работы «Расчет политропного процесса идеального газа» (текущий контроль)**

Рассчитать политропный процесс идеального газа с определением начальных и конечных параметров ( $P, v, T$ ), теплоемкости процесса, величин  $l, q, \Delta u, \Delta h, \Delta s$ . Данные для расчета взять из табл. 1

Расчеты проводятся для 1 кг газа. По результатам построить графики процессов в  $p, v$ - и  $T, s$ -координатах.

8. Таблица 1

9. Исходные данные к задаче 1

№ задания	Газ	$P_1$ , МПа	$P_2$ , МПа	$n$	$t_1$ , °C
1	Воздух	1,0	0,60	1,2	227
2		1,0	0,65	1,25	207
3		1,0	0,70	1,3	247
4		1,0	0,75	1,35	267
5		1,0	0,80	1,38	277
6	O <sub>2</sub>	0,95	0,65	1,27	187
7		0,90	0,60	1,33	177
8		0,85	0,55	1,22	167
9		0,80	0,50	1,15	157
10		0,75	0,45	1,1	147
11	N <sub>2</sub>	0,10	0,6	1,12	0
12		0,15	0,6	1,18	10
13		0,20	0,6	1,25	20
14		0,25	0,6	1,33	30
15		0,30	0,6	1,4	40
16	CO <sub>2</sub>	0,08	0,4	1,15	-5
17		0,12	0,45	1,20	5
18		0,18	0,5	1,25	15
19		0,22	0,55	1,30	25
20		0,28	0,6	1,35	35
21		0,14	0,54	1,2	7
22	H <sub>2</sub>	0,16	0,52	1,15	17
23		0,18	0,50	1,1	27
24		0,20	0,48	1,0	37
25		0,22	0,46	1,3	47

### Порядок (методика) выполнения расчетов

1. Теплоемкость процесса, кДж/(кг·К)

$$C_n = C_v \frac{n - k}{n - 1} \quad (1.1)$$

где  $k = c_p / c_v$  - показатель адиабаты;  $c_p, c_v$  - теплоемкости в процессах при постоянном давлении и постоянном объеме соответственно, кДж/(кг·К).

Последние величины могут быть определены в соответствии с молекулярно-кинетической теорией в зависимости от атомности газа по выражениям:

$$c_v = \mu c_v / \mu; \quad c_p = \mu c_p / \mu. \quad (1.2)$$

Значения  $\mu c_v$  и  $\mu c_p$  приведены в табл.2, а значения  $\mu$  – в Приложении.

Значения молярных теплоемкостей  $\mu C_p$  и  $\mu c_v$   
идеального газа

Атомность газа	$\mu c_v$ кДж/(кмоль·К)	$\mu C_p$ , кДж/(кмоль·К)	$k = c_p / c_v$
11. Одноатомные	12,47	20,78	1,67
Двухатомные	20,78	29,10	1,40
Трех- и много- атомные	24,94	33,25	1,33

12.

2. Определение температуры
- $T_2$
- .

Для идеального газа справедливо следующее соотношение параметров:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}. \quad (1.3)$$

Учитывая, что значения  $P_2$ ,  $P_1$ ,  $T_1$  заданы в исходных данных, из (1.3) можно определить  $T_2$ , подставляя значения температуры в градусах К.

3. Определение удельных объемов
- $v$
- , м
- <sup>3</sup>
- /кг.

Используя уравнение состояния  $Pv=RT$ , получаем соотношения

$$v_1 = RT_1 / P_1 ; v_2 = RT_2 / P_2. \quad (1.4)$$

Значения газовой постоянной  $R$  приведены ниже в Приложении, давления  $P_1$  и  $P_2$  подставляются в (1.4) в кПа.

4. Удельное количество теплоты, кДж/кг

$$q = C_n (T_2 - T_1) \quad (1.5)$$

5. Удельная работа расширения (сжатия), кДж/кг

$$\ell = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2) \quad (1.6)$$

6. Изменение удельной внутренней энергии, кДж/кг

$$\Delta u = u_2 - u_1 = c_v (T_2 - T_1) \quad (1.7)$$

7. Изменение удельной энтальпии, кДж/кг

$$\Delta h = h_2 - h_1 = c_p (T_2 - T_1) \quad (1.8)$$

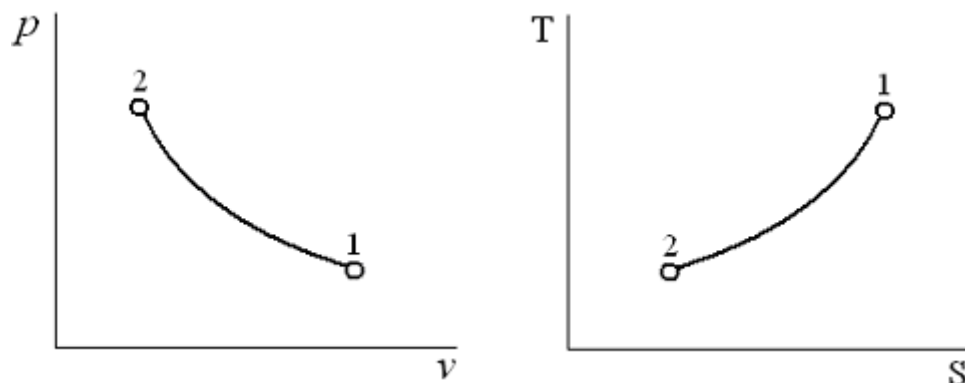
8. Изменение удельной энтропии, кДж/кг·К

$$\Delta s = s_2 - s_1 = c_p \ln(T_2/T_1) - R \ln(P_2/P_1) \quad (1.9)$$

Результаты расчетов должны (с погрешностью не более 5%) удовлетворять первому закону термодинамики:

$$q = \Delta u + \ell \quad (1.11)$$

По результатам построить графики процессов в P,v- и T, s - координатах (без масштаба). Значения  $\mu$  и R приведены в приложении.



Особенности расчета частных случаев политропного процесса (основных процессов) приведены в табл.3.

Таблица 3

13. Расчет термодинамических процессов идеального газа

	Изохора	14. Изобара	Изотерма	Адиабата
Показатели политропы	$\infty$	0	1	k
Связь между параметрами	$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$	$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1}$	$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}$	$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^K = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{K}{K-1}}$
$c_n$	$c_v$	$c_p$	$\infty$	0
q	$c_v = (T_2 - T_1) = \Delta u$	$c_p = (T_2 - T_1) = \Delta h$	$\ell$	0
$\ell$	0	$p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1)$	$RT \ln \frac{v_2}{v_1}$	$\frac{R}{k-1}(T_1 - T_2)$
$\Delta u$	$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1)$	$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1)$	0	$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1)$
$\Delta h$	$h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1)$	$h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1)$	0	$h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1)$
$\Delta S$	$c_v \ln \frac{T_2}{T_1}$	$c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$	$R \ln \frac{v_2}{v_1}$	0
	$c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1} = c_v \ln \frac{p_2}{p_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$			

Молекулярная масса  $\mu$  и газовая постоянная  $R$  для различных газов

Газы	Воздух	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
$\mu$ , кг/кмоль	28,97	32,0	28,01	44,01	2,016
R, кДж/кг·К	0,287	0,260	0,297	0,189	4,124
R, Дж/ кг·К	287	260	297	189	4124

**Контрольные вопросы**

1. Изучить методику выполнения расчетов.
2. Рассчитать значения начальных и конечных термодинамических параметров политропного процесса.
3. Рассчитать теплоту, работу, изменение внутренней энергии, изменение энтальпии и энтропии политропного процесса.
4. Проверить правильность расчетов по первому закону термодинамики.
5. Построить p-ви T-сдиаграммы политропного процесса.
6. Сделать выводы.

**7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций**

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
Высокий	Зачтено	Обучающийся демонстрирует полное понимание проблемы, умение систематизировать, структурировать и аргументировать материал, обосновывать свою точку зрения. Обучающийся способен самостоятельно проводить расчеты и эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять отчеты по выполненной работе и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций; участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области теплообмена, теплоснабжения и энергосбережения.
Базовый	Зачтено	Обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы, некоторые знания и практические навыки по дисциплине. Обучающийся способен участвовать в проведении расчетов и экспериментов по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять отчеты по выполненной работе и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций; участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области теплообмена, теплоснабжения и энергосбережения.
Пороговый	Зачтено	Обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы, отрывочные знания и навыки по дисциплине. Обучающийся способен под руководством делать расчеты и проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, под руководством составлять отчеты по выполненной работе и подготавливать данные для разработки науч-

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
		ных обзоров и публикаций; участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области теплообмена, теплоснабжения и энергосбережения.
Низкий	Не зачтено	Обучающийся демонстрирует отсутствие систематических знаний и навыков по дисциплине. Однако некоторые элементарные знания по основным вопросам изучаемой дисциплины присутствуют. Обучающийся не демонстрирует способность проводить расчеты и эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять отчеты по выполненной работе и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций; не демонстрирует способность составлять отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области теплообмена, теплоснабжения и энергосбережения.

## 8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

*Самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль в контроле за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в вузе является важным видом их учебной и научной деятельности. Самостоятельная работа играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу обучающихся. В связи с этим, обучение в вузе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студентов.

*Формы самостоятельной работы* студентов разнообразны. Они включают в себя:

- изучение и систематизацию официальных государственных документов: законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант Плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»;

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;

- участие в работе конференций, комплексных научных исследованиях.

В процессе изучения дисциплины «Теплотехника» обучающимися направления 23.03.02 основными видами самостоятельной работы являются:

- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям) и выполнение соответствующих заданий;

- самостоятельная работа над отдельными темами учебной дисциплины в соответствии с учебно-тематическим планом;

- подготовка к зачету.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для успешного овладения дисциплиной используются следующие информационные технологии обучения:

- При проведении лекций используются презентации материала в программе MicrosoftOffice (PowerPoint).
- Практические занятия по дисциплине проводятся с использованием платформы MOODLE.

Практические занятия по дисциплине проводятся с использованием методической литературы. В процессе изучения дисциплины учебными целями являются первичное восприятие учебной информации о теоретических основах и принципах проведения научных экспериментов и обработки их данных, структурирование полученных знаний и развитие интеллектуальных умений, ориентированных на способы деятельности репродуктивного характера. Посредством использования этих интеллектуальных умений достигаются узнавание ранее усвоенного материала в новых ситуациях, применение абстрактного знания в конкретных ситуациях.

Для достижения этих целей используются в основном традиционные информативно-развивающие технологии обучения с учетом различного сочетания пассивных форм (лекция, практическое занятие, консультация, самостоятельная работа) и репродуктивных методов обучения (повествовательное изложение учебной информации, объяснительно-иллюстративное изложение) и практических методов обучения (выполнение практических работ).

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

- семейство коммерческих операционных систем семейства Microsoft Windows;
- офисный пакет приложений Microsoft Office;
- программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах "Антиплагиат.ВУЗ".

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация учебного процесса осуществляется в специальных учебных аудиториях университета для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Все аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. При необходимости обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛУ.

Есть помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

### ***Требования к аудиториям***

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Помещение для лекционных, практиче-	Переносная мультимедийная установка

ских занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации.	(проектор, экран, ноутбук).комплект электронных учебно-наглядных материалов (презентаций) на флеш-носителях, обеспечивающих тематические иллюстрации. Учебная мебель
Помещения для самостоятельной работы	Столы компьютерные, стулья. Рабочие места, оборудованные компьютерами с выходом в сеть Интернет, электронную информационную образовательную среду Университета.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи. Раздаточный материал.