

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**
**«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»**

**Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального
хозяйства**

Кафедра вентиляции, теплогазо- и водоснабжения

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института строительства,
архитектуры и жилищно-
коммунального хозяйства
д.т.н., проф. Андрийчук Н.Д.



« 14 »

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
**«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ (ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССООБМЕН)»**

По направлению подготовки: 08.03.01 Строительство

Профиль: «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и тепломассообмен)» по направлению подготовки 08.03.01 Строительство. – 29 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и тепломассообмен)» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 481.

СОСТАВИТЕЛИ:

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой вентиляции, теплогазо- и водоснабжения
Андрийчук Н.Д.

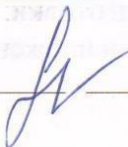
к.т.н., доцент, доцент кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения
Богатырёва Л.Ю.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения «12» 04 20 23 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой
вентиляции, теплогазо- и водоснабжения  Андрийчук Н.Д.

Переутверждена: «__» ____ 20__ г., протокол № ____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии
института ИСА и ЖКХ «13» 04 20 23 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической
комиссии института ИСА и ЖКХ  /Ремень В.И./

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины – «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика тепломассообмен)» обеспечить знание студентов по технической термодинамике, тепломассообмену для неформального усвоения материала профилирующих дисциплин специальностей – теплогенерирующие установки, отопление, вентиляция, теплоснабжение, газоснабжение и др.; развить творческий подход при использовании элементов теплотехнического анализа в решении конкретных задач в области теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Задачи:

- получение представления о фундаментальных и прикладных исследованиях в области теплотехники;
- изучение основных законов термодинамики, их применение в анализе термодинамических процессов при преобразовании одного вида энергии в другой, а также и получение непрерывной полезной работы в циклах тепловых машин;
- изучение основных механизмов переноса теплоты на основе системы уравнений теплопроводности, конвекции, теплового излучения и теплопередачи;
- получение навыков расчета параметров газовых смесей, водяного пара и влажного воздуха, эффективности термодинамических циклов различных энергетических установок и оценка влияния тепловых явлений на работу теплоэнергетического и технологического теплообменного оборудования;
- разработка мероприятий по экономии тепловой энергии.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и тепломассообмен)» относится к Блоку 1, часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Содержание дисциплины «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и тепломассообмен)» является логическим продолжением содержания дисциплин: Химия, Физика, Математика и служит основой для освоения дисциплин: теплогенерирующие установки и автономное теплоснабжение, газоснабжение, отопление, вентиляция.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-3.	ОПК-3.2. Выбор метода или	<i>Знать:</i> способы выбора

Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	методики решения задачи профессиональной деятельности	метода или методики решения задачи профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации, знания проблем отрасли и опыта их решения.
		<i>Уметь:</i> выбирать способы и методики исследований для решения задачи профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации, знания проблем отрасли и опыта их решения
		<i>Владеть:</i> способами выбора методик для решения задач профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации, знания проблем отрасли и опыта их решения
ПК-2. Способность выполнять работы по проектированию систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения	ПК-2.4. Выбор компоновочных решений систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения	<i>Знать:</i> способы выбора компоновочного решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.
		<i>Уметь:</i> выбирать компоновочные решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.
		<i>Владеть:</i> способами внедрения результатов анализа выбора компоновочного решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.

4. Содержание и структура дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (3 зач. ед.)	144 (3 зач. ед.)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	70	12
Лекции	51	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	51	8
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	42	130
Форма аттестации	Экзамен	Экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ.

Определение технической термодинамики, ее практическое значение для систем теплогазоснабжения, вентиляции, кондиционирования и связь с другими дисциплинами. Основные понятия - термодинамическая система, параметры состояния, равновесный процесс, уравнение состояния. Идеальный газ, как простейшая модель рабочей среды, газовые смеси.

Тема 2. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.

Работа, теплота процесса, теплоемкость, формулировка первого закона. Внутренняя энергия, закон Джоуля. Энтальпия. Анализ основных процессов идеального газа на основе 1-го закона в зданиях.

Основные формулировки закона, понятие необратимости, цикл Карно, энтропия. Тепловая диаграмма, анализ основных процессов. Аналитическое выражение второго закона, энтропия, как мера необратимости Принципы эксергетического анализа.

Тема 3. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ. ВОДЯНОЙ ПАР. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

ВОДЯНОГО ПАРА.

Коэффициент сжимаемости и изотермы реального газа, его уравнение состояния. Процесс парообразования, определение основных состояний и величин, расчет параметров влажного пара. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Диаграмма "энтальпия - энтропия".

Влажный воздух, как смесь идеальных газов. Влагосодержание, относительная влажность, энтальпия, диаграмма $I-d$ влажного воздуха. Основные процессы: нагрев /охлаждение/ воздуха, адиабатное увлажнение воздуха, смешивание воздуха с продуктами сгорания топлива.

Парообразование при постоянном давлении. Диаграммы $p-V$, $T-s$, $i-s$ парообразования. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы.

Тема 4. ТЕРМОДИНАМИКА ПОТОКА.

Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение газа из простого сопла, роль скорости звука. Сопло Лаваля. Учет необратимости трения в процессе истечения.

Тема 5. ВИДЫ ТЕПЛООБМЕНА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

Предмет изучения тепломассообмена - процессы переноса теплоты и массы, связь тепломассообмена с термодинамикой и другими дисциплинами. Значение тепломассообмена для проектирования теплотехнического оборудования. Способы переноса теплоты, температурное поле, градиент температуры, тепловой поток.

Тема 6. СТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.

Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности. Теплопроводность в плоском, цилиндрическом и шаровом слое при граничных условиях I, II и III рода. Интенсификация теплопередачи. Оребренная поверхность, теплопроводность в ребре.

Тема 7. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.

Постановка задачи для бесконечной пластины при граничных условиях II рода, решение методом разделения переменных, предельные случаи по числу Био, использование графиков температурного поля в расчетах для пластины и цилиндра. Регулярный режим.

Тема 8. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА.

Уравнение энергии, уравнение движения и уравнение неразрывности, условия однозначности для полей температуры и скорости. Связь коэффициента теплоотдачи с температурным полем. Безразмерная форма уравнений и условий однозначности.

Тема 9. ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ.

Основные характеристики подобных процессов конвективного теплообмена определение подобия. Необходимые и достаточные условия подобия, теоремы подобия. РК Числа подобия, критерии подобия. Использование методов подобия при экспериментальном исследовании процессов конвективного теплообмена. Метод размерностей.

Тема 10. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА.

Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской поверхности, элементы теории пограничного слоя. Теплоотдача при движении жидкости в трубе, при поперечном обтекании трубы и пучка труб. Теплоотдача при свободном движении жидкости.

Тема 11. ТЕПЛООБМЕН ПРИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ.

Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности /ламинарное движение в пленке конденсата/, конденсация на горизонтальной трубе. Теплообмен при кипении жидкости, пузырьковый и пленочный режим кипения, кризис теплоотдачи при кипении. Критический радиус парового пузыря и частота отрыва пузырей как основные факторы влияния на теплоотдачу. Расчетные зависимости при кипении в большом объеме и в трубе.

Тема 12. ОСНОВЫ МАССООБМЕНА.

Молекулярная диффузия, градиент концентрации, закон Фика. Одномерная задача с учетом стефановского потока. Конвективный массообмен, система дифференциальных уравнений, условия однозначности. Аналогия процессов переноса теплоты и массы, диффузионные числа Нуссельта и Прандтля.

Тема 13. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДРОССЕЛИРОВАНИЯ ГАЗОВ И ПАРОВ. ИСТЕЧЕНИЕ ГАЗА ЧЕРЕЗ СОПЛА, ЭЖЕКЦИЯ И ИНЖЕКЦИЯ.

Условия возникновения дросселирования. Дросселирование водяного пара и газов. Адиабатное течение идеального газа в каналах. Истечение реальных газов и паров. Процессы в эжекторах и инжекторах.

Тема 14. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ СЖАТИЯ ГАЗА В КОМПРЕССОРЕ.

Одноступенчатый компрессор. Многоступенчатый компрессор.

Тема 15. ТЕРМОДИНАМИКА ПАРОВЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК.

Цикл Карно. Цикл Ренкина. Расширение пределов рабочего процесса. Пути повышения цикла паросиловых установок. Атомные силовые

установки.

Тема 16. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК.

Обобщенный цикл тепловых двигателей. Циклы Тринклера, Отто, Дизеля. Циклы газотурбинных установок.

Тема 17. ТЕРМОДИНАМИКА ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ.

Цикл газовой холодильной машины, Цикл парокомпрессионной холодильной машины. Цикл парожеткаторной холодильной установки. Цикл теплового насоса. Получение сжиженных газов.

Тема 18. ТЕПЛОМАСООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТАХ.

Характеристика массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Механизм массообмена в системах. Материальный баланс процессов массообмена. Движущая сила процессов массообмена.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения термодинамики.	1	
2	Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	2	1
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Термодинамические процессы водяного пара.	4	1
4	Термодинамика потока.	2	
5	Виды теплообмена. Основные понятия и определения.	4	
6	Стационарная теплопроводность.	2	
7	Нестационарная теплопроводность.	2	
8	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.	2	
9	Теория подобия.	4	
10	Основные процессы конвективного теплообмена.	4	
11	Теплообмен при фазовых превращениях.	2	
12	Основы массообмена.	4	
13	Практическое значение процесса дросселирования газов и паров. Истечение газа через сопла, эжекция и инжекция.	4	
14	Термодинамический анализ процессов сжатия	4	

	газа в компрессоре.		
15	Термодинамика паровых силовых установок.	2	1
16	Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.	2	1
17	Термодинамика холодильных установок и тепловых насосов.	2	1
18	Тепломассообменные процессы в энергетических и технологических аппаратах.	4	1
Итого:		51	6

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Параметры состояния. Первый закон.	3	0,5
2	Второй закон термодинамики.	2	0,5
3	Смеси идеальных газов, свойства идеальных и реальных газов. Водяной пар, влажный воздух.	4	0,5
4	Дросселирование газа и водяного пара. Истечение газа из простого сопла. Сопло Лаваля.	4	-
5	Стационарная теплопроводность. Условия однозначности и граничные условия I, II и III рода.	2	-
6	Нестационарная теплопроводность. Постановка задачи для бесконечной пластины. Предельные случаи для критерия Био.	2	
7	Частные случаи теплоотдачи при конвективном теплообмене.	2	0,5
8	Теплоотдача при кипении и конденсации.	4	0,5
9	Конвективный массообмен.	4	0,5
10	Теплообмен излучением. Сложный теплообмен.	4	0,5
11	Термодинамический анализ процессов сжатия газов.	2	0,5
12,13	Термодинамика паровых теплосиловых установок.	6	0,5
14	Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.	2	0,5
15,16	Термодинамика холодильных установок и тепловых насосов.	6	-
17	Тепломассообменные процессы в энергетических и технологических аппаратах.	4	1
Итого:		51	6

4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрено.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения термодинамики.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	4
2	Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	6
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Термодинамические процессы водяного пара.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	6
4	Термодинамика потока.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	6
5	Виды теплообмена. Основные понятия и определения.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	6
6	Стационарная теплопроводность.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
7	Нестационарная теплопроводность.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
8	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному	2	8

		контролю знаний и умений.		
9	Теория подобия.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
10	Основные процессы конвективного теплообмена.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
11	Теплообмен при фазовых превращениях.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
12	Основы массообмена.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	2	8
13	Практическое значение процесса дросселирования газов и паров. Истечение газа через сопла, эжекция и инжекция.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	3	8
14	Термодинамический анализ процессов сжатия газа в компрессоре.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	3	8
15	Термодинамика паровых силовых установок.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	3	8
16	Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	3	8
17	Термодинамика холодильных установок и тепловых	Подготовка к практическим	3	8

	насосов.	занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.		
18	Тепломассообменные процессы в энергетических и технологических аппаратах.	Подготовка к практическим занятиям, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	3	8
Итого:			42	132

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине "Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и тепломассообмен)" не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);
- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;
- технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;
- технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);
- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-

образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

- технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен. Учебное пособие, г. Ульяновск. УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (УлГТУ), 2013.-204 с.- Режим доступа: <http://lib.ulstu.ru/venec/disk/2013/Orlov.pdf>

2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2005.- 550с.- Режим доступа: <https://djvu.online/file/NfdTTARk91El5>

3. Брюханов О.Н., Шевченко С.Н. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов. - М.: Издательство АСВ, 2005.- 460с. -- Режим доступа: <https://obuchalka.org/2017012192739/teplomassoobmen-bruhanov-o-n-shevchenko-s-n-2012.html>.

4.

б) дополнительная литература:

1. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие для студентов вузов /Т.Н Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев, Н.Я. Филатов. - 5-е изд. стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.- 240с.- Режим доступа: <https://www.studmed.ru>

2. Задачник по тепломассообмену : учеб. пособие для студентов вузов /Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.- 196с.- - Режим доступа: alltermeh.ru › [teplomassoobmen > book_tepломassoobmeh](http://teplomassoobmen.book_tepломassoobmeh).

- 4.Ларионов, Н.Н. Теплотехника.- М.: Стройиздат, 1985.- 432с.Режим доступа: <https://www.studmed.ru>

5. Термодинамические расчеты тепловых установок: метод.указания к РГР по дисциплине «Теплотехника и ТТО»/сост. Ю.С. Вытчиков, Ю.Н. Зотов и др.; Самарский гос. арх.– строит. университет. - Самара, 2007.- 40с.Режим доступа: <https://www.studmfiles/net>.

в) методические рекомендации

1. Ремень В.И. Методические рекомендации к изучению дисциплины «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и

теплообмен)» для студентов очной формы, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», Ремень В.И. Луганск:, 2016.-21 с.

г) интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>
9. bookash.pro > Водоснабжение
10. <https://www.twirpx.com>
11. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства ЛНР - <https://minstroylnr.su/>
12. Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР - <https://mprlnr.su/>
13. Государственный комитет метрологии, стандартизации и технических измерений ЛНР - <https://gkmsti-lnr.su/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научно-техническая библиотека ИСА и ЖКХ.

периодическая литература

Журнал АВОК «Энергосбережение», М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС».

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и теплообмен)» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Теоретические основы теплотехники (теоретическая термодинамика и теплотемассообмен)»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-3.	Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	ОПК-3.2.	Тема 1. Введение. Основные понятия и определения термодинамики.	5
				Тема 2. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	5
				Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Термодинамические процессы водяного пара.	5
				Тема 4. Термодинамика потока.	5
				Тема 5. Виды теплообмена. Основные понятия и определения.	5
				Тема 6. Стационарная теплопроводность.	5
				Тема 7. Нестационарная теплопроводность.	5

				Тема 8. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.	5
				Тема 9. Теория подобия.	5
				Тема 10. Основные процессы конвективного теплообмена.	5
				Тема 11. Теплообмен при фазовых превращениях.	5
				Тема 12. Основы массообмена.	5
				Тема 13. Практическое значение процесса дросселирования газов и паров. Истечение газа через сопла, эжекция и инжекция.	5
				Тема 14. Термодинамический анализ процессов сжатия газа в компрессоре.	5
				Тема 15. Термодинамика паровых силовых установок.	5
				Тема 16. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.	5
				Тема 17. Термодинамика холодильных установок и	5

				тепловых насосов.	
				Тема 18. Тепломассообменные процессы в энергетических и технологических аппаратах.	5
2.	ПК-2.	Способность выполнять обоснование проектных решений систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения	ПК-2.4.	Тема 1. Введение. Основные понятия и определения термодинамики.	5
				Тема 2. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	5
				Тема 3. Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Термодинамические процессы водяного пара.	5
				Тема 4. Термодинамика потока.	5
				Тема 5. Виды теплообмена. Основные понятия и определения.	5
				Тема 6. Стационарная теплопроводность.	5
				Тема 7. Нестационарная теплопроводность.	5
				Тема 8. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.	5
				Тема 9. Теория подобия.	5

				Тема 10. Основные процессы конвективного теплообмена.	5
				Тема 11. Теплообмен при фазовых превращениях.	5
				Тема 12. Основы массообмена.	5
				Тема 13. Практическое значение процесса дросселирования газов и паров. Истечение газа через сопла, эжекция и инжекция.	5
				Тема 14. Термодинамический анализ процессов сжатия газа в компрессоре.	5
				Тема 15. Термодинамика паровых силовых установок.	5
				Тема 16. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.	5
				Тема 17. Термодинамика холодильных установок и тепловых насосов.	5
				Тема 18. Тепломассообменные процессы в энергетических и	5

				технологических аппаратах.	
--	--	--	--	-------------------------------	--

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал
оценивания**

№ п/ п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируе- мые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-3. Способен принимать решения в профессиональн ой сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно- коммунального хозяйства	ОПК-3.2. Выбор метода или методики решения задачи профессиональн ой деятельности	<i>Знать:</i> способы выбора метода или методики решения задачи профессиональн ой деятельности на основе нормативно- технической документации, знания проблем отрасли и опыта их решения. <i>Уметь:</i> выбирать способы и методики исследований для решения задачи профессиональн ой деятельности на основе нормативно- технической документации, знания проблем отрасли и опыта их решения <i>Владеть:</i> способами выбора методик для решения задач профессиональн ой деятельности на основе нормативно- технической документации, знания проблем	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18.	Вопросы для обсуждения (в виде сообщений), контрольные Работы

			отрасли и опыта их решения		
2.	ПК-2. Способность выполнять работы по проектированию систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения	ПК-2.4. Выбор компоновочных решений систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения	<i>Знать:</i> способы выбора компоновочного решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения. <i>Уметь:</i> выбирать компоновочные решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения. <i>Владеть:</i> способами внедрения результатов анализа выбора компоновочного решения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18.	Вопросы для обсуждения (в виде сообщений), контрольные работы

Оценочные средства по дисциплине
«Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и
теплообмен)»

Вопросы для обсуждения (в виде сообщений):

- 1 Основные понятия и определения
- 2 Первый закон термодинамики
- 3 Термодинамические процессы идеального газа
- 4 Второй закон термодинамики
- 5 Реальные газы
- 6 Влажный воздух
- 7 Термодинамика потока
- 8 Циклы теплосиловых установок
- 9 Циклы холодильных установок
- 10 Общая характеристика процессов теплообмена
- 11 Теплопроводность
- 12 Конвективный теплообмен
- 13 Лучистый теплообмен
- 14 Теплопередача и теплообменные аппараты
- 15 Массоотдача

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству доклад, сообщение

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Доклад (сообщение) представлен(о) на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Доклад (сообщение) представлен(о) на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Доклад (сообщение) представлен(о) на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Доклад (сообщение) представлен(о) на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к контрольным работам:

1. Смеси идеальных газов
 2. Изучение дроссельных приборов для определения расхода газов.
 3. Основные термодинамические процессы и их характеристики.
- Политропные процессы.

4. Особенности дросселирования газа и пара. Определение расхода воздуха дроссельными приборами.
5. Циклы холодильных установок.
6. Циклы тепловых насосов.
7. Современные методы моделирования позволяющие точнее определять поведение тепловых процессов в нестандартных условиях
8. Какие современные материалы и конструкции перспективны для повышения эффективности теплоизоляции?
9. В чем принципиальное отличие между классическими и современными моделями тепловых процессов?
10. Как влияние окружающей среды и климатические условия учитываются при проектировании тепловых систем?
11. Какие инновационные методы контроля и автоматизации позволяют оптимизировать тепловые процессы?
12. Как взаимодействие между тепловыми потоками и материалами влияет на эффективность теплообмена в сложных процессах?
13. Как междисциплинарные подходы способствуют развитию теоретических основ теплотехники?
14. Какие особенности определяют теплоемкость веществ?
15. Как классифицируются виды теплоемкостей в зависимости от условий эксплуатации?
16. Как изменяется теплоемкость идеального газа при вариации начальной температуры t_0 .
17. Какие физические механизмы лежат в основе изменения теплоемкость идеального газа при вариации начальной температуры t_0 ?
18. В чем заключается универсальная формулировка первого закона термодинамики и как она выражается математически в различных системах?
19. Какие физические параметры и процессы заложены в уравнение первого закона термодинамики, и как они отражают энергообмен в системе?
20. Как определяется энтальпия газа, и почему в изобарном процессе разность между энтальпией и внутренней энергией равна произведению давления на изменение объема?
21. Какие ключевые положения формулируют второй закон термодинамики, и как они ограничивают возможности преобразования тепла в работу?
22. Как рассчитывается термический КПД тепловой машины и какие факторы влияют на его максимальное значение?
23. В чем заключается термодинамическая природа цикла Карно и почему он считается идеальным эталоном для тепловых двигателей?
24. Что такое эксергия и как она используется для оценки эффективности энергетических систем?
25. Как определяется политропный процесс, и какие его частные случаи встречаются в практике теплотехники?
26. Какие особенности имеют процессы парообразования на диаграммах P - V , T - S и h - s , и как они помогают понять физические

механизмы парообразования?

27. Как визуализировать цикл паросиловой установки на диаграммах P - V и T - S , и какие ключевые параметры необходимо учитывать?

28. В чем заключается принцип работы и особенности цикла компрессорной холодильной установки?

29. Как функционирует тепловой насос, и какие основные компоненты обеспечивают его работу?

30. Что такое энтропия, и как принцип её возрастания отражается на реальных термодинамических процессах?

31. В чем заключается различие между механизмами теплопереноса при теплопроводности, конвекции и излучении?

32. Как формулируется закон Фурье в дифференциальной и интегральной формах?

33. Какие современные методы определения теплоемкости веществ при экстремальных температурах и давлениях?

34. Как влияние молекулярных взаимодействий отражается на теплоемкости в различных агрегатных состояниях?

35. В чем заключается отличие между внутренней энергией и энтальпией в контексте процессов с изменением объема?

36. Как изменение температуры влияет на тепловые свойства идеального газа и его поведение в термодинамических циклах?

37. Какие критерии используют для оценки приближения реальных процессов к идеальным циклам Карно?

38. Как эксергия помогает определить «потерянную» энергию в тепловых системах и повысить их эффективность?

39. Какие особенности политропных процессов делают их важными для проектирования тепловых машин и систем отопления?

40. Как различаются процессы парообразования в условиях насыщенного и перегретого пара, и как это отражается на диаграммах?

41. Какие преимущества и недостатки имеют циклы с встречным и параллельным движением теплоносителей в теплообменных аппаратах?

42. В чем заключается роль теплообменных поверхностей в повышении эффективности теплообмена?

43. Какие современные материалы используются для повышения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций?

44. Как влияет структура и толщина слоев многослойных ограждений на сопротивление теплопередаче?

45. Какие методы автоматизации позволяют оптимизировать режимы работы котельных установок?

46. Как современные системы водоподготовки предотвращают образование накипи и коррозию в теплообменных аппаратах?

47. Какие инновационные технологии применяются для повышения эффективности и экологичности систем сжигания топлива?

48. В чем заключается отличие между механическими и химическими потерями при сгорании топлива, и как их минимизировать?

49. Какие современные методы диагностики позволяют контролировать работу компрессоров и вентиляторов?

50. Как рассчитывать тепловые потери зданий с учетом климатических условий и особенностей конструкции?

51. Какие современные системы автоматического регулирования обеспечивают оптимальный воздухообмен в животноводческих помещениях?

52. В чем заключается роль термодинамических критериев при выборе систем кондиционирования воздуха?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Вопросы к экзамену

1. Основные понятия и определения термодинамики. Газовые смеси
2. Термодинамические параметры состояния, процессы и системы.
3. Теплота, работа.
4. Термодинамическое равновесие.
5. Основные законы идеальных газов.
6. Уравнения Клапейрона и Клапейрона-Менделеева.
7. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Основные свойства газовых смесей.
8. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Энтропия
9. Закон сохранения энергии.
10. Внутренняя энергия. Работа процесса. Обратимые и необратимые процессы. Энтальпия. Теплоемкость газов. Энтропия.
11. Тепловая Ts -диаграмма.
12. Термодинамические процессы идеальных газов. Второй закон термодинамики
13. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы.
14. Политропные процессы.
15. Основные формулировки второго закона термодинамики.
16. Круговые термодинамические процессы.
17. Циклы и теорема Карно.
18. Математическое выражение 2 закона термодинамики. Уравнение Гюи-Стодолы.
19. Максимальная работа. Эксергия. Абсолютная термодинамическая температура.

20. Водяной пар. Влажный воздух
21. Водяной пар, парообразование при постоянном давлении.
22. p - v , T - s , i - s - диаграммы водяного пара.
23. Параметры влажного воздуха.
24. p - v - диаграмма влажного воздуха.
25. i - d - диаграмма влажного воздуха.
26. Термодинамика потока
27. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
28. Дросселирование газов и паров.
29. Сопла и диффузоры.
30. Истечение газа из простого сопла. Сопло Лаваля.
31. Основные понятия теплопередачи. Теплопроводность
32. Понятие о теплообменных процессах.
33. Виды теплообмена.
34. Температурное поле и градиент температуры.
35. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
36. Граничные и начальные условия задач теплопроводности.
37. Теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках при стационарном режиме и граничных условиях первого и второго рода.
38. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода.
39. Регулярный режим теплопроводности.
40. Теплопроводность при нестационарном режиме.
41. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением
42. Основные понятия теории конвективного теплообмена.
43. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
44. Конвективный теплообмен в свободном и вынужденном потоке жидкости.
45. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.
46. Сложный теплообмен.
47. Термодинамические процессы водяного пара.
48. Парообразование при постоянном давлении.
49. Диаграммы p - V , T - s , i - s парообразования.
50. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы.
51. Практическое значение дросселирования газов и паров.
52. Условия возникновения дросселирования.
53. Дросселирование водяного пара и газов.
54. Истечение газа через сопла, эжекция и инжекция.
55. Адиабатное течение идеального газа в каналах.
56. Истечение реальных газов и паров.
57. Процессы в эжекторах и инжекторах.
58. Термодинамический анализ процессов сжатия газов в компрессоре.
59. Одноступенчатый компрессор.
60. Многоступенчатый компрессор.

61. Термодинамика паровых теплосиловых установок.
62. Цикл Карно.
63. Цикл Ренкина.
64. Расширение пределов рабочего процесса.
65. Пути повышения цикла паросиловых установок.
66. Атомные силовые установки.
67. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок.
68. Обобщенный цикл тепловых двигателей. 2.
69. Циклы Тринклера, Отто, Дизеля.
70. Циклы газотурбинных установок.
71. Термодинамика холодильных установок и тепловых насосов.
72. Цикл газовой холодильной машины,
73. Цикл парокомпрессионной холодильной машины.
74. Цикл парожеткторной холодильной установки. Цикл теплового насоса.
75. Получение сжиженных газов.
76. Тепломассообменные процессы в энергетических и технологических аппаратах.
77. Характеристика массообменных процессов.
78. Законы фазового равновесия. Механизм массообмена в системах.
79. Материальный баланс процессов массообмена.
80. Движущая сила процессов массообмена.
81. Массообмен в различных технологических процессах.
82. Абсорбция и десорбция.
83. Устройство и расчет абсорберов. Способы проведения десорбции.
84. Виды и устройства адсорберов. Адсорбция и десорбция.
85. Характеристика и виды сушки.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество

	ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)