

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гнатюк Сергей Иванович
Должность: Первый проректор
Дата подписания: 14.01.2026 10:29:26
Уникальный программный ключ:
5ede28fe5b714e680817c5c132d4ba793a6b4427

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.Е. ВОРОШИЛОВА»**

«Утверждаю»

Декан факультета пищевых технологий

Соколенко Н.М. _____
29 апреля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Теплотехника»

для направления подготовки «19.03.03» - «Продукты питания животного происхождения»
профиль – «Технология мяса и мясных продуктов»

Год начала подготовки – 2025

Квалификация выпускника – бакалавр

Луганск, 2025

Рабочая программа составлена с учетом требований:

- порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245;
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (19.03.03 Продукты питания животного происхождения), утвержденного Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11.08.2020 № 936.

Преподаватели, подготовившие рабочую программу:

старший преподаватель _____ **С.В. Рыжий**

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры тракторов и автомобилей (протокол № 9 от 14 апреля 2025 г.)

Заведующий кафедрой _____ **А.Н. Брюховецкий**

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией факультета пищевых технологий (протокол №9 от 24 апреля 2025 г.).

Председатель методической комиссии _____ **А.К. Пивовар**

Руководитель основной профессиональной образовательной программы _____ **Ф.М. Снегур**

1. Предмет. Цели и задачи дисциплины, её место в структуре образовательной программы

Предметом дисциплины являются фундаментальные законы природы о превращениях энергии в различных процессах и повышение эффективности работы холодильных установок и аппаратов, в которых используются эти процессы. Вопросы, рассматриваемые в курсе, являются основой для расчёта и проектирования двигателей внутреннего сгорания и холодильных установок различного назначения.

Целью дисциплины является получение знаний о тепловых процессах и тепловом оборудовании, используемых в технологических процессах обработки продуктов питания

Основными задачами изучения дисциплины является:

формирование творческого подхода к решению практических задач, касающихся тепловых процессов.

Место дисциплины в структуре образовательной программы. Дисциплина «Теплотехника» относится к дисциплинам обязательной части Б1.О.29) основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО).

Дисциплина читается в 4 семестре, основывается на базе дисциплин: «Физика», «Химия», «Высшая математика».

Предшествует дисциплине: «Гидравлика».

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

Коды компетенций	Формулировка компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способность использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	ОПК-3.1. Обосновывает выбор современного технологического оборудования для профессиональных задач	Знать: основные законы технической термодинамики, теплообмена и теплопередачи. Уметь: решать типовые задачи по теплотехнике, проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, проводить расчеты теплообменных аппаратов. Иметь навыки: определения термодинамических параметров с помощью диаграмм и таблиц, методикой расчета

Коды компетенций	Формулировка компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
			теплообменного оборудования.
		ОПК-3.2. Демонстрирует знания инженерных процессов при решении технологических задач	Знать: теплотехнические процессы протекающие в технологическом оборудовании отрасли. Уметь: применять знания теплотехнических процессов при решении технологических задач. Иметь навыки: ведения и контроля теплотехнических процессов.
		ОПК-3.3. Осуществляет действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с эксплуатацией технологического оборудования	Знать: устройство и принцип работы технологического оборудования, осуществлять действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций. Уметь: эксплуатировать различные виды технологического оборудования и приборы. Иметь навыки: настройки, регулировки и контроля при эксплуатации различных видов технологического оборудования и приборов.

3. Объём дисциплины и виды учебной работы

Виды работ	Очная форма обучения		Заочная форма обучения	Очно-заочная форма обучения
	всего зач.ед./ часов	объём часов	всего	всего
		4 семестр	5 семестр	
Общая трудоёмкость дисциплины	3/108	3/108	3/108	-
Контактная обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) всего, в т.ч.	46	46	10	-
Аудиторная работа:	46	46	10	-
Лекции	18	18	4	-
Практические занятия	-	-	-	-
Лабораторные работы	28	28	6	-
Другие виды аудиторных занятий	-	-	-	-
Самостоятельная работа обучающихся, час	62	62	98	-
Вид промежуточной аттестации (зачёт, экзамен)	зачет	зачет	зачет	-

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план).

№ п/п	Раздел дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС
Очная форма обучения					
	Раздел 1. Техническая термодинамика	12	-	14	40
1.	Тема 1. Введение в дисциплину	2	-	-	-
2.	Тема 2. Смесь идеальных газов	2	-	-	6
3.	Тема 3. Теплоемкость смеси газов	2	-	6	6
4.	Тема 4. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов и второй закон термодинамики	2	-	-	8
5.	Тема 5. Влажный воздух	1	-	8	6
6.	Тема 6. Истечение газов и паров	1	-	-	6
7.	Тема 7. Водяной пар	2	-	-	8
	Раздел 2. Теория теплообмена	6	-	14	22
8.	Тема 8. Теплопроводность	2	-	6	6
9.	Тема 9. Конвективный теплообмен.	2	-	8	8
10.	Тема 10. Теплообмен излучением. Теплопередача	2	-	-	8
	Всего	18	-	28	72
Заочная форма обучения					
	Раздел 1. Техническая термодинамика	4	-	6	60
1.	Тема 1. Введение в дисциплину		-	-	2
2.	Тема 2. Смесь идеальных газов	1	-	-	12

3.	Тема 3. Теплоемкость смеси газов	1	-	2	12
4.	Тема 4. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов и второй закон термодинамики	1	-	-	12
5.	Тема 5. Влажный воздух	1	-	2	12
6.	Тема 6. Истечение газов и паров	-	-	-	5
7.	Тема 7. Водяной пар	-	-	-	5
	Раздел 2. Теория теплообмена	-	-	2	38
8.	Тема 8. Теплопроводность	-	-	2	12
9.	Тема 9. Конвективный теплообмен.	-	-	-	12
10.	Тема 10. Теплообмен излучением. Теплопередача	-	-	-	14
	Всего	4	-	6	98

4.2. Содержание разделов учебной дисциплины.

Раздел I. Техническая термодинамика

Тема 1. Введение в дисциплину

Техническая термодинамика изучает закономерности тепловой и механической энергии. Она является теоретической основой расчета и проектирования тепловых двигателей и холодильных установок.

Термодинамическая система - совокупность материальных тел, находящихся в механическом и тепловом взаимодействии друг с другом и окружающими телами.

Объектом изучения в термодинамике служит вещество, называемое рабочим телом (пар, газ, продукты сгорания и т.п.).

Физические величины, определяющие состояние термодинамической системы, называются параметрами состояния.

Тема 2. Смесь идеальных газов

Идеальным газом называют воображаемый газ, у которого отсутствуют силы сцепления между молекулами, а сами молекулы представляют собой материальные точки, не имеющие объема.

Реальные газы, у которых действуют силы сцепления между молекулами, и этими силами и самим объемом молекул пренебречь нельзя.

Особенность, характеризующая газовые смеси выражается законом Дальтона, согласно которому отдельный газ в смеси следует своему уравнению состояния, как если бы не было других её составных частей (закон независимости состояния), т.е. каждый газ в смеси производит такое частичное (парциальное) давление, какое имел бы данный газ, занимая весь объем, занимаемый смесью газа.

Тема 3. Теплоемкость смеси газов

Удельная теплоемкость – это то количество тепла, которое надо сообщить или отнять от единицы количества вещества в данном процессе изменения его состояния, чтобы изменить температуру на 1 °С или К. Различают массовую, объемную и мольную теплоемкости.

Так как теплоемкость газа переменная величина, зависящая от температуры, то при нагревании на каждый градус расходуется разное количество тепла. Средняя теплоемкость в пределах температур t_1 и t_2 .

Чем меньше разность $t_2 - t_1$, тем больше приближается значение средней теплоемкости к значению истинной теплоемкости, т.е., когда $(t_2 - t_1) \rightarrow 1$.

Значения киломольных теплоемкостей при P и $V = \text{const}$, если пренебречь их зависимостью от T будут равны числу поступательных и вращательных степеней свободы молекул данного газа.

Тема 4. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов и второй закон термодинамики

Первый закон термодинамики является выражением общего закона сохранения и превращения энергии, т.е. первый закон термодинамики аналитически выражает закон сохранения материи и движения.

Первый закон термодинамики выражается: во всех случаях, когда исчезает некоторое количество тепла, возникает вполне определенное количество механической энергии, и, наоборот, при совершении какой-либо работы появляется вполне определенное количество тепла.

или: невозможно создать машину, производящую работу без того, чтобы эквивалентное количество энергии другого вида не исчезало.

То есть, невозможно построить двигатель, который вырабатывал бы энергию, не потребляя какой-либо другой энергии.

Вечный двигатель невозможен.

Если к 1 кг газа в цилиндре с подвижным поршнем подвести q единиц тепла, то тепло расходуется на изменение внутренней энергии Δu и совершение внешней работы ℓ .

Тепло сообщаемое движущемуся телу (газу, пару) идет на увеличение энтальпии (теплосодержания) и внешней кинетической энергии, т.е. на увеличение скорости потока.

Внутренняя энергия и её свойства.

Каждая молекула обладает кинетической энергией поступательного и вращательного движения. Атомы, образующие молекулу, совершают колебательные движения – это энергия внутренних колебаний.

Реальный газ обладает и потенциальной энергией, зависящей от сцепления между молекулами. Сумма всех видов энергии определяет внутреннюю тепловую энергию газа – внутреннюю энергию газа.

Все виды энергии, кроме потенциальной, зависят от температуры, а потенциальная – от расстояния между молекулами, т.е. под каким давлением при данной температуре находится газ.

Энтальпия газа i - введена в термодинамику для упрощения рассмотрения процессов в тепловых двигателях.

Энтальпия (теплосодержание) является суммой внутренней энергии и работы проталкивания (произведение давления на удельный объем), т.е., « i » является параметром состояния газа и рассматривается как разность энтальпий в каком-либо процессе.

Термодинамические процессы:

Изохорный процесс при $V = \text{const}$.

Изобарный процесс при $P = \text{const}$.

Изотермический процесс при $T = \text{const}$.

Адиабатный – процесс, протекающий без теплообмена тела с окружающей средой.

Политропный – $PV^n = \text{const}$.

Первые четыре процесса являются частными случаями политропного процесса, в котором нет ярко выраженных характерных особенностей и необходимых условий протекания.

Второй закон термодинамики теплота не может переходить от холодного тела к более нагретому сама собой даровым процессом без компенсации.

Осуществление вечного двигателя 2-го рода невозможно.

Энтропия газов (превращение газов) выражение под интегралом представляет собой полный дифференциал некоторой функции (функции состояния тела), которую Клаузиус назвал энтропией (S).

Тема 5. Влажный воздух

Воздух всегда содержит пар, поэтому он называется влажным и подчиняется с достаточной степенью точности законам смеси идеальных газов.

Влагосодержание – отношение массы паров воды, содержащихся во влажном воздухе к массе сухого воздуха.

Влажный воздух – это смесь идеальных газов, подчиняющихся закону Дальтона.

Абсолютная влажность – отношение массы водяного пара к объему влажного воздуха.

Отношение плотности пара при заданном давлении к максимально возможной плотности его при том же давлении – называется относительной влажностью.

Если температура воздуха больше температуры кипения воды при p см., это значит, что пар влажного воздуха в перегретом состоянии (ненасыщенном) $p_{н.п.} < p_{max}$ и, если такой воздух охлаждать при той же p см., то он в некоторый момент станет насыщенным. Температура при которой это произойдет, называется температурой «точки росы» (t_p). В этот момент ϕ будет = 100%.

Тема 6. Истечение газов и паров

Теория газового потока принимается к расчету реактивных двигателей, ракет, паровых и газовых турбин.

Процесс истечения газов и пара протекает быстро за время прохождения их по насадке. Теплообмен с внешней средой оказывается ничтожным, поэтому процесс истечения адиабатный.

Если по мере продвижения газа или пара по насадке его давление будет поэтапно понижаться, а скорость увеличиваться, то такие насадки называются «соплами».

При движении газа в расширяющейся части сопла будет происходить его дальнейшее расширение, давление падает, V – растет. Расход остается постоянным, а скорость увеличивается, несмотря на увеличение сечения.

Тема 7. Водяной пар

Процесс кипения проходит лишь при определенной температуре для данного давления.

1-я стадия – жидкость нагревается от 0°C до T кипения, V – увеличивается.

2-я стадия – кипящая жидкость переходит в пар, который называется насыщенным.

Смесь жидкости и пара называется насыщенным влажным паром. Как только выкипит последняя капля воды, пар становится сухим насыщенным.

Влажный насыщенный пар характеризуется степенью сухости « x ». Это отношение $M_{\text{сух.нас.пара}}$ к общей массе влажного насыщенного пара.

Если к насыщенному пару подводить тепло он становится перегретым. Перегрев пара является 3-й стадией процесса парообразования.

Раздел 2. Теория теплообмена

Тема 8. Теплопроводность

Теория теплопередачи представляет собой науку, излагающую законы распространения и передачи тепла между телами. Различают три вида теплообмена.

Теплопроводность (кондукция).

Конвекция.

Излучение.

Теплопроводность – явление переноса тепла путем соприкосновения между частицами тела.

Конвекция – явление переноса тепла путем перемещения и перемешивания между собой более и менее нагретых частиц жидкости (газа).

Излучение – явление переноса энергии в виде электромагнитных волн между излучающими поверхностями.

Тема 9. Конвективный теплообмен.

Теплообмен между жидкостью и стенкой называется конвективным теплообменом (теплопередачей).

Виды движения – свободное и вынужденное.

Свободное – естественная конвекция, вызываемая подъемной силой обусловленной разностью холодных и нагретых частиц жидкости.

Вынужденное – вынужденная конвекция, вызываемая работой насосов, вентиляторов и т.п.

Режим движения - бывает ламинарный и турбулентный.

Ламинарное движение - происходит в форме несмешивающихся струй и профиль скоростей имеет вид правильной параболы.

Турбулентное движение –характерно непостоянством скорости движения и профиль скоростей будет иметь вид усеченной параболы.

Распределение скоростей струй жидкости обуславливается вязкостью жидкости. Вязкость бывает: динамическая, кинематическая и условная.

Динамическая вязкость – сила сопротивления 1Н смещению двух слоев жидкости площадью 1 м² находящихся на расстоянии 1 м и перемещающихся со скоростью 1 м/сек.

Кинематическая вязкость - отношение динамической вязкости к плотности жидкости при одной и той же температуре, измеряется стоксами, м²/сек.

Условная вязкость - показывает, во сколько раз жидкость вязче дистиллированной воды при 20 °С.

Рейнольдс установил, что переход из ламинарного режима в турбулентный определяется безразмерным значением, числом Рейнольдса.

При ламинарном движении перенос тепла по нормали к стенке осуществляется теплопроводностью.

При турбулентном движении перенос тепла теплопроводностью наблюдается в пограничном слое, а внутри – конвекция.

На интенсивность теплопередачи оказывает влияние термическое сопротивление пограничного слоя.

Тема 10. Теплообмен излучением. Теплопередача

Лучистая энергия возникает в результате сложных молекулярных и внутримолекулярных процессов, поэтому количество лучистой энергии зависит от физических свойств и температуры излучаемого тела.

Носителями излучения являются электромагнитные волны, распространяемые в вакууме со скоростью света.

Процесс превращения энергии излучения во внутреннюю энергию поглощающего тела называется поглощением.

Тело, которое характеризуется наибольшей энергией излучения для всех частот по сравнению с собственным излучением других тел, называется абсолютно черным.

Излучение в узком интервале частот называется монохроматическим.

Излучение в интервале всего спектра частот называется интегральным излучением.

Расчет теплопередачи заключается в определении количества тепла, которое передается в единицу времени между теплоносителями через стенку, разделяющую их.

4.3. Перечень тем лекций.

№ п/п	Тема лекции	Объём, ч	
		форма обучения	
		очная	заочная
	Раздел 1. Техническая термодинамика	12	4
1.	Тема 1. Введение в дисциплину	2	-
2.	Тема 2. Смесь идеальных газов	2	1

3.	Тема 3. Теплоемкость смеси газов	2	1
4.	Тема 4. Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов и второй закон термодинамики	2	1
5.	Тема 5. Влажный воздух	1	1
6.	Тема 6. Истечение газов и паров	1	-
7.	Тема 7. Водяной пар	2	-
	Раздел 2. Теория теплообмена	6	-
8.	Тема 8. Теплопроводность	2	-
9.	Тема 9. Конвективный теплообмен.	2	-
10.	Тема 10. Теплообмен излучением. Теплопередача	2	-
	Всего	18	4

4.4. Перечень тем практических занятий (семинаров) Не предусмотрено

4.5. Перечень тем лабораторных работ.

№ п/п	Тема лабораторной работы	Объём, часов	
		форма обучения	
		очная	заочная
	Раздел 1. Техническая термодинамика	14	4
1.	Тема 1. Определение теплоемкости воздуха	6	2
2.	Тема 2. Исследование процесса сушки влажным воздухом	8	2
	Раздел 2. Теория теплообмена	14	2
3.	Тема 4. Определение коэффициента теплопроводности материала	6	2
4.	Тема 5. Экспериментальное исследование конвективного теплообмена при свободном движении воздуха	8	-
	Всего	28	6

4.6. Виды самостоятельной работы студентов и перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся.

4.6.1. Подготовка к аудиторным занятиям

Учебная дисциплина «Теплотехника» является теоретической, дает студентам комплексное представление о технической термодинамике, а также о теории теплообмена. Аудиторные занятия проводятся в виде лабораторных работ – это одна из важнейших форм обучения студентов. Проводится с целью закрепления и углубления знаний по теплотехнике. В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой

темы, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студента к лабораторным работам. Лабораторные работы могут проводиться в форме дискуссий, круглого стола.

При подготовке к лабораторным работам студент должен:

- изучить рекомендуемую литературу;
- просмотреть самостоятельно дополнительную литературу по изучаемой теме;
- без затруднения отвечать на вопросы, предлагаемые к данной теме.

Основной целью лабораторных работ является контроль за степенью усвоения пройденного материала, ходом выполнения студентами самостоятельной работы и рассмотрение наиболее сложных и спорных вопросов в рамках пройденной темы.

4.6.2. Перечень тем курсовых работ (проектов). Не предусмотрено

4.6.3. Перечень тем рефератов, расчетно-графических работ.

Не предусмотрено.

4.6.4. Перечень тем и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся.

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Объём, ч	
			форма обучения	
			очная	заочная
Раздел 1. Техническая термодинамика				
		Колесниченко В.А. Лекции по теплотехнике. – Луганск: ООО «Виртуальная реальность», 2008. – 168 с. [электронный ресурс]	50	60
1.	Введение в дисциплину	-	-	-
2.	Смесь идеальных газов	стр. 14-18	8	10
3.	Теплоемкость смеси газов	стр.19-29	8	10
4.	Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических процессов и второй закон термодинамики	стр.30-61	10	15
5.	Влажный воздух	стр. 71-75	8	10
6.	Истечение газов и паров	стр. 76-83	8	5
7.	Водяной пар	стр. 84-89	8	10
Раздел 2. Теория теплообмена				
		Колесниченко В.А. Лекции по теплотехнике. – Луганск: ООО «Виртуальная реальность», 2008. – 168 с. [электронный ресурс]	12	38
8.	Теплопроводность	стр.127-138	6	10
9.	Конвективный теплообмен.	стр.139-149	3	10
10.	Теплообмен излучением. Теплопередача	стр.150-163	3	18
Всего			62	98

4.6.5. Другие виды самостоятельной работы студентов.

Не предусмотрено.

4.7. Перечень тем и видов занятий, проводимых в интерактивной форме

№ п/п	Форма занятия	Тема занятия	Интерактивный метод	Объем, ч
1.	Лекция	Введение в дисциплину	Дискуссии	1
2.	Лекция	Смесь идеальных газов	Дискуссии	1
3.	Лекция	Теплоемкость смеси газов	Дискуссии, дебаты	2
4.	Лекция	Первый закон термодинамики. Исследование термодинамических	Мастер класс	2
5.	Лекция	Влажный воздух	Дискуссии, дебаты	1
6.	Лекция	Истечение газов и паров	Дискуссии	1
7.	Лекция	Водяной пар	Дискуссии, дебаты	1
8.	Лабораторная работа	Определение теплоемкости воздуха	Анализ	2
9.	Лабораторная работа	Исследование процесса сушки влажным воздухом	Анализ	4
10.	Лабораторная работа	Экспериментальное изучение процесса адиабатного истечения воздуха через	Анализ	2
11.	Лабораторная работа	Определение коэффициента теплопроводности материала	Анализ	2
12.	Лабораторная работа	Экспериментальное исследование конвективного теплообмена при	Анализ	2

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Полное описание фонда оценочных средств текущей и промежуточной аттестации обучающихся с перечнем компетенций, описанием показателей и критериев оценивания компетенций, шкал оценивания, типовые контрольные задания и методические материалы представлены в приложении к настоящей программе.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

6.1.1. Основная литература.

№ п/п	Автор, название, место издания, изд-во, год издания, количество страниц	Кол-во экз. в библ.
-------	---	---------------------

1.	Лариков Н.Н. Теплотехника: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 432 с., ил.	43
2.	Колесниченко В.А. Лекции по теплотехнике. – Луганск: ООО «Виртуальная реальность», 2008. – 168 с.	50
3.	Круглов Г. А. Теплотехника / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 208 с.	50
4.	Леденева Г. А. Практикум по теплотехнике: учебное пособие / Г. А. Леденева, Д. В. Гурьянов. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2008. — 65 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/47193	электронный ресурс

6.1.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, изд-во, год издания, количество страниц
1.	Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 424 с. - [Электронный ресурс]. URL: http://znanium.com/bookread2.php?book=486472 .
2.	Видин Ю. В. Техническая термодинамика и тепломассообмен: учебное пособие / Ю. В. Видин, В. С. Злобин. — Красноярск: СФУ, 2020. — 332 с. — ISBN 978-5-7638-4212-8. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — [Электронный ресурс]. URL: https://e.lanbook.com/book/181569
3.	Термодинамические и теплообменные процессы технических систем. Теория, задачи, упражнения, тесты / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, О. С. Володько, А. П. Быченин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 260 с. — ISBN 978-5-507-46982-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — [Электронный ресурс]. URL: https://e.lanbook.com/book/352178

6.1.3. Периодические издания

Периодические издания при изучении дисциплины не предусмотрены.

6.1.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

№ п/п	Автор, название, место издания, изд-во, год издания, количество страниц
1.	Рыжий С.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теплотехника» для направления подготовки «19.03.03» - «Продукты питания из животного происхождения» профиль – «Технология молока и молочных продуктов»профиль – «Технология мяса и мясных продуктов»дневной и заочной форм обучения. Луганск: ЛГАУ, 2023 – 48 с.

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Название интернет-ресурса, адрес и режим доступа
1.	Всероссийский институт научной и технической информации [Электронный ресурс]. URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp (дата обращения: 20.05.2023).
2.	Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.viniti.ru (дата обращения: 20.05.2023).
3.	Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. URL: http://www.mcx.ru/ (дата обращения: 20.05.2023).

4.	Научная поисковая система Scirus, предназначенная для поиска научной информации в научных журналах, персональных страницах ученых, сайтов университетов на английском и русском языках. [Электронный ресурс]. URL: http://www.scirus.com/ (дата обращения: 20.05.2023).
5.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://elanbook.com/books/ (дата обращения: 20.05.2023).
6.	Электронная библиотека «Наука и техника»: книги, статьи из журналов, биографии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://n-t.ru/ (дата обращения: 20.05.2023).
7.	Науки, научные исследования и современные технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nauki-online.ru/ (дата обращения: 20.05.2023).
8.	Полнотекстовые электронные библиотеки [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.aonb.ru/iatp/guide/librar_y.html (дата обращения: 20.05.2023).

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины.

6.3.1. Компьютерные обучающие и контролирующие программы.

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного обеспечения	Функция программного обеспечения		
			контроль	моделирующая	обучающая
1	Лекции	Microsoft Office 2010 Std	-	-	+
2	Лабораторные	Microsoft Office 2010 Std.	+	-	+

6.3.2. Аудио- и видеопособия.

№ п/п	Вид пособия	Наименование пособия
1.	Видеофильм	Термодинамические процессы
2.	Видеофильм	i-d диаграмма влажного воздуха
3.	Видеофильм	i-S диаграмма водяного пара
4.	Видеофильм	Теплообмен

6.3.3. Компьютерные презентации учебных курсов. Не предусмотрено

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий	Перечень основного оборудования, приборов и материалов
1.	Лекционные аудитории инженерный факультет лаборатория теплотехники 2М-109	<ul style="list-style-type: none"> - котел KB-300М; - теплогенератор ТГ-75; - градусники для измерения температур °С; - U-образный дифманометр; - психрометр Ассмана; - счетчик расхода воздуха;

		<ul style="list-style-type: none"> - плакаты термодинамических процессов; - плакат конвективного теплообмена; - таблица для определения параметров некоторых идеальных газов; - i-d диаграмма влажного воздуха; - i-S диаграмма водяного пара.
2.	Аудитории для проведения лабораторных и практических занятий инженерный факультет лаборатория теплотехники 2М-109	Пять стендов для проведения лабораторных работ: <ul style="list-style-type: none"> - определение теплоемкости воздуха; - исследование процесса сушки влажным воздухом; - определение коэффициента теплопроводности материала; - экспериментальное исследование конвективного теплообмена при свободном движении воздуха; - экспериментальное изучение процесса адиабатного истечения воздуха через суживающееся сопло
3.	Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций инженерный факультет лаборатория теплотехники 2М-109	<ul style="list-style-type: none"> - таблица для определения параметров некоторых идеальных газов; - психрометр Ассмана; - градусники для измерения температур °С; - i-d диаграмма влажного воздуха; - i-S диаграмма водяного пара.
4.	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (инженерный факультет лаборатория теплотехники 2М-109)	<ul style="list-style-type: none"> - таблица для определения параметров некоторых идеальных газов; - психрометр Ассмана; - градусники для измерения температур °С; - i-d диаграмма влажного воздуха; - i-S диаграмма водяного пара.

8. Междисциплинарные связи

Протокол

согласования рабочей программы с другими дисциплинами

Наименование дисциплины, с которой проводилось согласование	Кафедра, с которой проводилось согласование	Предложения об изменениях в рабочей программе. Заключение об итогах согласования	Подпись зав. кафедрой
Математика, Физика	Кафедра информационных технологий, математики и физики	согласовано	
Химия	Кафедра химии	согласовано	

Приложение 1

Лист изменений рабочей программы

[illegible]

Приложение 2

Лист периодических проверок рабочей программы

[illegible]

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.Е. ВОРОШИЛОВА»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Теплотехника»

Направление подготовки: «19.03.03» - «Продукты питания животного происхождения»

Направленность (профиль): «Технология мяса и мясных продуктов»

Уровень профессионального образования: бакалавриат

Год начала подготовки: 2024

Луганск, 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, СООТНЕСЕННЫХ С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
						Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	ОПК-3.1. Обосновывает выбор современного технологического оборудования для профессиональных задач	Первый этап (пороговый уровень)	Знать: основные законы технической термодинамики, теплообмена и теплопередачи.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты закрытого типа	Зачет
			Второй этап (продвинутый уровень)	Уметь: решать типовые задачи по теплотехнике, проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, проводить расчеты теплообменных аппаратов.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты открытого типа (вопросы для опроса)	Зачет

Код контролируемой	Формулировка контролируемой	Индикаторы достижения	Этап (уровень) освоения	Планируемые результаты	Наименование модулей и (или)	Наименование оценочного средства	
			Третий этап (высокий уровень)	Иметь навыки: определения термодинамических параметров с помощью диаграмм и таблиц, методикой расчета теплообменного оборудования.		Лабораторные задания	Зачет
		ОПК-3.2. Демонстрирует знания инженерных процессов при решении технологических задач	Первый этап (пороговый уровень)	Знать: теплотехнические процессы протекающие в технологическом оборудовании отрасли.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты закрытого типа	Зачет
			Второй этап (продвинутый уровень)	Уметь: применять знания теплотехнических процессов при решении технологических задач.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты открытого типа (вопросы для опроса)	Зачет

Код контролируемой	Формулировка контролируемой	Индикаторы достижения	Этап (уровень) освоения	Планируемые результаты	Наименование модулей и (или)	Наименование оценочного средства	
			Третий этап (высокий уровень)	Иметь навыки: ведения и контроля теплотехнических процессов.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Лабораторные задания	Зачет
		ОПК-3.3. Осуществляет действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с эксплуатацией технологического оборудования	Первый этап (пороговый уровень)	Знать: устройство и принцип работы технологического оборудования, осуществлять действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты закрытого типа	Зачет
			Второй этап (продвинутый уровень)	Уметь: эксплуатировать различные виды технологического оборудования и приборы.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Тесты открытого типа (вопросы для опроса)	Зачет

Код контролируемой	Формулировка контролируемой	Индикаторы достижения	Этап (уровень) освоения	Планируемые результаты	Наименование модулей и (или)	Наименование оценочного средства	
			Третий этап (высокий уровень)	Иметь навыки: настройки, регулировки и контроля при эксплуатации различных видов технологического оборудования и приборов.	Раздел 1. Техническая термодинамика Раздел 2. Теория теплообмена	Лабораторные задания	Зачет

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1.	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая измерить уровень знаний.	Тестовые задания	В тесте выполнено 90-100% заданий	Оценка «Отлично» (5)
				В тесте выполнено более 75-89% заданий	Оценка «Хорошо» (4)
				В тесте выполнено 60-74% заданий	Оценка «Удовлетворительно» (3)
				В тесте выполнено менее 60% заданий	Оценка «Неудовлетворительно» (2)
				Большая часть определений не представлена, либо представлена с грубыми ошибками.	Оценка «Неудовлетворительно» (2)
2.	Опрос	Форма работы, которая позволяет оценить кругозор, умение логически построить ответ, умение продемонстрировать монологическую речь и иные коммуникативные навыки. Устный опрос обладает большими возможностями воспитательного воздействия, создавая условия для неформального общения.	Вопросы к опросу	Продемонстрированы предполагаемые ответы; правильно использован алгоритм обоснований во время рассуждений; есть логика рассуждений.	Оценка «Отлично» (5)
				Продемонстрированы предполагаемые ответы; есть логика рассуждений, но неточно использован алгоритм обоснований во время рассуждений и не все ответы полные.	Оценка «Хорошо» (4)
				Продемонстрированы предполагаемые ответы, но неправильно использован алгоритм обоснований во время рассуждений; отсутствует логика рассуждений; ответы не полные.	Оценка «Удовлетворительно» (3)
				Ответы не представлены.	Оценка «Неудовлетворительно» (2)
3.	Лабораторные задания	Направлено на овладение методами и методиками изучаемой дисциплины. Для решения предлагается решить конкретное задание (ситуацию) без применения математических расчетов.	Лабораторные задания	Продемонстрировано свободное владение профессионально-понятийным аппаратом, владение методами и методиками дисциплины. Показаны способности самостоятельного мышления, творческой активности. Задание выполнено в полном объеме.	Оценка «Отлично» (5)
				Продемонстрировано владение профессионально-понятийным аппаратом, при применении методов и методик дисциплины незначительные неточности, показаны способности самостоятельного мышления,	Оценка «Хорошо» (4)

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Критерии оценивания	Шкала оценивания
				творческой активности. Задание выполнено в полном объеме, но с некоторыми неточностями.	
				Продemonстрировано владение профессионально-понятийным аппаратом на низком уровне; допускаются ошибки при применении методов и методик дисциплины. Задание выполнено не полностью.	Оценка «Удовлетворительно» (3)
				Не продемонстрировано владение профессионально-понятийным аппаратом, методами и методиками дисциплины. Задание не выполнено.	Оценка «Неудовлетворительно» (2)
4.1	Зачет	Зачет выставляется в результате подведения итогов текущего контроля. Зачет в форме итогового контроля проводится для обучающихся, которые не справились с частью заданий текущего контроля.	Вопросы к зачету	Показано знание теории вопроса, понятийного аппарата; умение содержательно излагать суть вопроса; владение навыками аргументации и анализа фактов, явлений, процессов в их взаимосвязи. Выставляется обучающемуся, который освоил не менее 60% программного материала дисциплины.	«Зачтено»
				Знание понятийного аппарата, теории вопроса, не продемонстрировано; умение анализировать учебный материал не продемонстрировано; владение аналитическим способом изложения вопроса и владение навыками аргументации не продемонстрировано. Обучающийся освоил менее 60% программного материала дисциплины.	«Не зачтено»
4.2	Зачет	Зачет выставляется в результате подведения итогов текущего контроля. Зачет в форме итогового контроля проводится для обучающихся, которые не справились с частью заданий текущего контроля.	Тестовые задания к зачету	В тесте выполнено 60-100% заданий	«Зачтено»
				В тесте выполнено менее 60% заданий	«Не зачтено»

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

Оценочные средства для проведения текущего контроля

Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме тестовых заданий, устного опроса и практических заданий.

ОПК-3. Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов.

ОПК-3.1. Обосновывает выбор современного технологического оборудования для профессиональных задач.

Первый этап (пороговой уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «знать»: основные законы технической термодинамики, теплообмена и теплопередачи.

Тестовые задания закрытого типа

1. Как проверить правильность расчета объемных долей смеси... (выберите один вариант ответа)

- а) произведение долей должно равняться объему смеси
- б) сумма долей должна равняться единице
- в) произведение долей должно равняться единице
- г) сумма долей должна равняться массе смеси
- д) сумма долей должна равняться нулю

2. В $\text{кДж/кг} \cdot \text{К}$ измеряется... (выберите один вариант ответа)

- а) энтальпия
- б) молярная теплоемкость
- в) массовая теплоемкость
- г) объемная теплоемкость
- д) изменение внутренней энергии

3. Плотность и удельный объём связаны зависимостью... (выберите один вариант ответа)

- а) $\rho \cdot v = R \cdot T$
- б) $\rho \cdot v = p \cdot V$
- в) $\rho \cdot v = 1$
- г) $\rho \cdot v = R_0$
- д) $\rho \cdot v = \Delta u$

4. Универсальная газовая постоянная для всех газов находящихся в одинаковых условиях равна... (выберите один вариант ответа)

- а) $R_0 = 8315 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$
- б) $R_0 = 8313 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$
- в) $R_0 = 8329,1 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

г) $R_0 = 8317,3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

д) $R_0 = 8314,3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

5. Температурный градиент, взятый с обратным знаком, называется... (выберите один вариант ответа)

- а) увеличением температуры
- б) падением температуры
- в) исчезновением температуры
- г) прибавлением температуры
- д) накаливанием температуры

Ключи

1.	б
2.	в
3.	в
4.	д
5.	б

6. Установите последовательность этапов изучения теплоемкостей:

- а) c' - объемная;
- б) постоянная;
- в) c – массовая;
- г) μ_c – мольная;
- д) удельная.

Ключ

	двагб
--	-------

Второй этап (продвинутый уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «уметь»: решать типовые задачи по теплотехнике, проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, проводить расчеты теплообменных аппаратов.

Задания открытого типа (вопросы для опроса):

- 1. Техническая термодинамика изучает..
- 2. Удельная теплоемкость это..
- 3. Первый закон термодинамики является..
- 4. Идеальным газом называют..
- 5. Температурный градиент это..

Ключи

1.	Закономерности тепловой и механической энергии. Она является теоретической основой для расчета и проектирования тепловых двигателей и холодильных установок.
2.	То количество тепла, которое надо сообщить или отнять от единицы количества вещества в данном процессе изменения его состояния, чтобы изменить температуру на 1°C или 1K .
3.	Выражением общего закона сохранения и превращения энергии. Можно сказать,

	что первый закон термодинамики аналитически выражает закон сохранения материи и движения.
4.	Воображаемый газ, у которого отсутствуют силы сцепления с молекулами, а сами молекулы представляют собой материальные точки не имеющие объема.
5.	Вектор за положительное направление которого считается, направление в сторону увеличения температуры.

Третий этап (высокий уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «владеть»: навыками определения термодинамических параметров с помощью диаграмм и таблиц, методикой расчета теплообменного оборудования. Для решения поставленных задач, понадобится калькулятор.

Практические задания:

1. Определить количество теплоты Q смеси идеальных газов подведенного к рабочему телу при изменении температуры на величину $\Delta t = t_2 - t_1$. При этом известно, что масса рабочего тела $M = 12$ кг, его массовая теплоемкость $c = 0,34$ кДж/кг*К, начальная температура $t_1 = 20^\circ\text{C}$, конечная температура $t_2 = 120^\circ\text{C}$.
2. Определить количество вещества смеси n , если известно что $M_{\text{см}} = 12$ кг, молекулярная масса смеси $\mu_{\text{см}} = 22,2$ кг/кмоль.
3. Определить объем V кислорода, если известно что его температура составляет $t = 10^\circ\text{C}$, а его объем постоянный и равен $P = \text{const} = 0,1$ МПа.
4. Определить тепловой поток Q во время нагрева воздуха, если известна сила тока в сети $I = 2$ А, его напряжение $U = 150$ В.
5. Как определить, чему равен объем кило моля идеального газа при НФУ?

Ключи

1.	<p>Для определения количества тепла, подведенного к рабочему телу при изменении температуры на величину $\Delta t = t_2 - t_1$ определяют одним способом:</p> <p>- для массы: $Q = M \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$ кДж</p> <p>следовательно подставляя исходные данные, получим:</p> $Q = 12 \cdot 0,34 \cdot (120 - 20) = 0,4 \text{ кДж}$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i></p> <p>количества тепла, подведенного к рабочему телу равно 0,4 кДж</p>
2.	<p>Для определения количества вещества смеси n, принимают общепринятое выражение:</p> $n_{\text{см}} = M_{\text{см}} / \mu_{\text{см}}$ <p>подставляя исходные данные, получим:</p> $n_{\text{см}} = 12 / 22,2 = 0,54 \text{ кг/кмоль}$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i></p> <p>количество вещества смеси равно 0,54 кг/кмоль</p>
3.	<p>Кислород O_2 является идеальным газом. В условии также сказано, что $P = \text{const} = 0,1$ МПа. Следовательно закону идеального газа используем уравнение состояния: $PV = \nu RT$, где R – удельная постоянная воздуха (из таблицы $R = 287$ Дж/кг*К). Температуру переводим в Кельвины $T = 283\text{K}$. Преобразуем формулу и подставим значения:</p> $V = \nu RT / P$ <p>Поскольку M – масса не задана, тогда ее принимаем 1 кг</p> $V = 1 \cdot 287 \cdot 283 / 0,1 \cdot 10^6 = 0,08 \text{ м}^3$

	<i>Сокращенный вариант ответа:</i> объем кислорода равен $0,08 \text{ м}^3$
4.	Тепловой поток Q равный мощности электронагревателя: $Q = I \cdot U$, Вт подставляя исходные данные, получим: $Q = 2 \cdot 150 = 300 \text{ Вт}$ <i>Сокращенный вариант ответа:</i> тепловой поток равный 300 Вт
5.	Объем кило моля идеального газа при НФУ, число постоянное, имеет численное значение – $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$. <i>Сокращенный вариант ответа:</i> объем кило моля идеального газа при НФУ равен $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

ОПК-3.2. Демонстрирует знания инженерных процессов при решении технологических задач.

Первый этап (пороговой уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «знать»: теплотехнические процессы протекающие в технологическом оборудовании отрасли.

Тестовые задания закрытого типа

1. Давление это... (выберите один вариант ответа)

- а) сила, действующая по нормали на единицу объема
- б) сила, действующая по нормали на единицу температуры
- в) сила, действующая по нормали на единицу const
- г) сила, действующая по нормали на единицу площади
- д) сила действующая на окружающую среду

2. Закон Дальтона для смеси идеальных газов имеет вид: (выберите один вариант ответа)

- а) $P_{\text{см}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$
- б) $P \cdot V = M \cdot R \cdot T$
- в) $C_p + C_v = R$
- г) $q = \Delta u + l$
- д) $\Delta u \neq 0$

3. Газовая постоянная определяется по формуле: (выберите один вариант ответа)

- а) $R = c_p + c_v$
- б) $R = R_0 \cdot \mu$
- в) $R = R_0 / \mu$
- г) $R = \Delta u + p \cdot V$
- д) $R = R_0 + \mu$

4. Первый закон термодинамики для изобарного процесса имеет вид: (выберите один вариант ответа)

- а) $\ell = -\Delta u$
- б) $q = \Delta u + \ell$
- в) $q = \ell \cdot l$
- г) $q = \Delta u$

д) $q = -\Delta u$

5. Теплообмен между жидкостью и стенкой это... (выберите один вариант ответа)

- а) конвективный теплообмен
- б) индуктивный теплообмен
- в) свободный теплообмен
- г) ламинарный теплообмен
- д) турбулентный теплообмен

Ключи

1.	г
2.	а
3.	в
4.	б
5.	в

6. Прочитайте текст и установите соответствие.

В теплотехнике для упрощения вычислений введены условные обозначения с единицами измерения.

Установите соответствие условных обозначений к их единицам измерения.

Условные обозначения	Единицы измерения
1. Энтальпия - i	а) %
2. Количество теплоты - Q	б) кДж
3. Удельная газовая постоянная - R	в) Вт/м ² ·К
4. Относительная влажность - ϕ	г) кДж/кг·К
5. Теплопроводность - λ	д) кДж/кг
	е) кВт

Ключи

1	2	3	4	5
д	б	г	а	в

Второй этап (продвинутый уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «уметь»: применять знания теплотехнических процессов при решении технологических задач.

Задания открытого типа (вопросы для опроса):

- 1. Термодинамическая система это..
- 2. Нормальные физические условия (НФУ) имеют следующие значения
- 3. Сформулируйте второй закон термодинамики..
- 4. Реальный газ это..
- 5. Что представляет собой теория теплопередачи..

Ключи

1.	Совокупность материальных тел, находящихся в механическом и тепловом взаимодействии друг с другом и окружающими телами.
2.	$T = 273 \text{ К}$ или $t = 0^\circ\text{C}$;

	$P = 101325 \text{ Па}$ или $P = 0,1 \text{ МПа}$; $\nu = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$;
3.	Нельзя построить машину, которая отнимала бы тепло от одного источника и превращала бы его в работу без того, чтобы тело, принимающее участие в рабочих процессах не претерпевало бы каких-либо изменений. Вечный двигатель не возможен.
4.	Газ у которого действует сила между молекулами и этими силами и самим объемом молекул пренебречь нельзя.
5.	Науку, излагающую законы распространения и передачи тепла между телами. Различают три вида теплообмена: 1. Теплопроводность (кондукция). 2. Конвекция. 3. Излучение.

Третий этап (высокий уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «владеть»: навыками ведения и контроля теплотехнических процессов.

Для решения поставленных задач, понадобится калькулятор.

Практические задания:

1. Рассчитать среднюю массовую теплоемкость воздуха c_v при постоянном объеме в том же интервале температур. Известно что массовая теплоемкость в этом случае будет равна $c_p = 1,86 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$.
2. Во время прохождения воздуха через сушильную установку, необходимо определить его часовой расход G , известно что сила тока постоянна $I = 2 \text{ А}$, напряжение в сети $U = 155 \text{ В}$. Теплоемкость в начале процесса $i_1 = 25 \text{ кДж/кг}$, в конце процесса $i_2 = 75 \text{ кДж/кг}$.
3. Определить затраты тепла на нагрев воздуха во время сушки, зная что теплосодержание в начале процесса нагрева $i_1 = 21 \text{ кДж/кг}$ в конце процесса нагрева $i_2 = 77 \text{ кДж/кг}$.
4. После процесса нагрева происходит процесс сушки. Определить количество тепла ушедшее на сушку, при этом известно что теплосодержание в конце нагрева $i_2 = 77 \text{ кДж/кг}$.
5. Из парораспределителя пар поступает в паровую турбину, где расширяется до степени сухости X . Определить полезную работу за цикл $L_{\text{полезн}}$. При этом известны две работы при адиабатном расширении $L_1 = 792 \text{ кДж/кг}$ и $L_3 = 298 \text{ кДж/кг}$, а также теплота затраченная на повышение температуры в парораспределителе $q_2 = 530 \text{ кДж/кг}$

Ключи

1.	<p>Расчет средней массовой теплоемкости воздуха при $V = \text{const}$ определяют по формуле:</p> $C_v = C_p - R, \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$ <p>где R – удельная газовая постоянная воздуха, $R = 0,287 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$ подставляя исходные данные, получим: $C_v = 1,86 - 0,287 = 0,713 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> средняя массовая теплоемкость воздуха при постоянном объеме равна $0,713 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$</p>
----	---

2.	<p>Часовой расход воздуха G, проходящего через сушильную установку, определяем из уравнения теплового баланса калорифера:</p> $3,6 \cdot I \cdot U = G \cdot (i_2 - i_1)$ <p>где: 3,6 – коэффициент перевода из Вт в кДж. Преобразуем формулу, подставим численные значения и найдем результат: $G = 3,6 \cdot I \cdot U / i_2 - i_1 = 3,6 \cdot 2 \cdot 155 / 75 - 25 = 1116 / 50 = 22,3 \text{ кг/ч}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> часовой расход воздуха равен 22,3 кг/ч</p>
3.	<p>Во время процесса нагреве воздуха влагосодержание его не меняется, но при этом меняется его теплосодержание i. Поэтому затраты тепла на нагрев воздуха определяем по формуле:</p> $q_n = i_2 - i_1, \text{ кДж/кг}$ <p>подставляя исходные данные, получим: $q_n = 77 - 21 = 56 \text{ кДж/кг}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> затраты тепла на нагрев равны 56 кДж/кг</p>
4.	<p>Во время процесса сушки теплосодержание остается постоянным $i = \text{const}$. Но сам процесс сушки протекает от i_2 до i_3. Поэтому затраты тепла на сушку воздухом определим по формуле:</p> $q_c = i_2 - i_1, \text{ кДж/кг}$ <p>подставляя исходные данные, получим: $q_c = 77 - 77 = 0 \text{ кДж/кг}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> затраты тепла на сушку равны 0 кДж/кг</p>
5.	<p>Полезная работа за цикл равна сумме работ в адиабатных расширениях (процессы 1 и 2), минус теплота, затраченная на повышение температуры в парораспределителе. Запишем формулу:</p> $L_{\text{полезн.}} = L_1 + L_3 - q_2, \text{ кДж/кг}$ <p>подставляя исходные данные, получим: $L_{\text{полезн.}} = 792 + 298 - 530 = 560 \text{ кДж/кг}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> полезная работа за цикл равна 560 кДж/кг</p>

ОПК-3.3. Осуществляет действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с эксплуатацией технологического оборудования.

Первый этап (пороговой уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «знать»: устройство и принцип работы технологического оборудования, осуществлять действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций.

Тестовые задания закрытого типа

1. Круговым процессом называется... (выберите один вариант ответа)

- а) замкнутый процесс, в котором рабочее тело изменяет своё состояние, попеременно расширяясь и сжимаясь с периодическим возвращением в исходное состояние
- б) процесс, в котором рабочее тело попеременно расширяясь и сжимаясь возвращается в исходное состояние, сообщаясь с окружающей средой

- в) процесс попеременного расширения и сжатия рабочего тела при котором оно уже не может возвратиться в исходное состояние
- г) замкнутый процесс, в котором рабочее тело изменяет своё состояние только в одном направлении
- д) замкнутый процесс, в котором рабочее тело изменяет свое направление против часовой стрелки

2. Физический смысл удельной газовой постоянной... (выберите один вариант ответа)

- а) это работа, совершаемая 1 кг газа в процессе при $p = \text{const}$ при изменении температуры на один градус
- б) это работа, совершаемая 1 кг газа в процессе при $V = \text{const}$ при изменении температуры на один градус.
- в) это работа, совершаемая 1 кг газа в процессе при $T = \text{const}$ при изменении температуры на один градус.
- г) это работа, совершаемая 1 кг газа в процессе при $pV^k = \text{const}$ при изменении температуры на один градус.
- д) это работа, совершаемая 1 кг газа в процессе при $pV^n = \text{const}$ при изменении температуры на один градус

3. Молярная масса смеси определяется по формуле: (выберите один вариант ответа)

- а) $\mu_{\text{см}} = \sum \mu_i \cdot R_i$
- б) $\mu_{\text{см}} = \sum \mu_i \cdot r_i$
- в) $\mu_{\text{см}} = \sum \mu_i \cdot V_i$
- г) $\mu_{\text{см}} = \sum \mu_i \cdot P_i$
- д) $\mu_{\text{см}} = \sum \mu_i \cdot M_i$

4. Уравнение $PV = RT$ выражает зависимость параметров в... (выберите один вариант ответа)

- а) изохорном процессе
- б) изобарном процессе
- в) термодинамическом процессе
- г) адиабатном процессе
- д) политропном процессе

5. Плотность теплового потока имеет выражение: (выберите один вариант ответа)

- а) $q = \frac{R}{F} \text{вт} / \text{м}^2$
- б) $q = \frac{Q}{B} \text{вт} / \text{м}^2$
- в) $q = \frac{B}{F} \text{вт} / \text{м}^2$
- г) $q = \frac{Q}{F} \text{вт} / \text{м}^2$
- д) $q = \frac{S}{F} \text{вт} / \text{м}^2$

Ключи

1.	б
2.	а
3.	б
4.	в
5.	г

6. Прочитайте текст и установите соответствие.

Техническая термодинамика основывается на термодинамических процессах.

Установите соответствие термодинамического процесса к его работе.

Термодинамические процессы	Работа в термодинамическом процессе
1. Изохорный процесс $V = \text{const}$	а) $l = 2,3RT \lg V_2/V_1$
2. Изобарный процесс $P = \text{const}$	б) $l = 0$
3. Изотермический процесс $T = \text{const}$	в) $l = R*(T_2 - T_1)$
4. Адиабатный процесс $PV^k = \text{const}$	г) $l = R/n - l*(T_1 - T_2)$
5. Политропный процесс $PV^n = \text{const}$	д) $l = R/k - l*(T_1 - T_2)$
	е) $l = q$

Ключи

1	2	3	4	5
б	в	а	д	г

Второй этап (продвинутый уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «уметь»: эксплуатировать различные виды технологического оборудования и приборы.

Задания открытого типа (вопросы для опроса):

1. Политропным процессом называется..
2. Термический КПД это..
3. Для чего служит энтропия S в термодинамике..
4. Что такое теплопроводность..
5. Что такое конвекции..

Ключи

1.	Процесс который характеризуется постоянством отношения доли тепла, затрачиваемого на изменение Δu ко всему телу, участвующему в процессе.
2.	Отношение тепла, полезно используемого, превращенного в механическую работу к теплу, затраченному на цикл, так как $q_2 > 0$, то $\eta_t < 1$.
3.	Для более полного исследования термодинамических процессов и облегчения их расчетов.
4.	Это явление переноса тепла путем соприкосновения между более и менее нагретыми частицами тела.
5.	Это явление переноса тепла путем перемещения и перемешивания между собой более и менее нагретых частиц жидкости (газа).

Третий этап (высокий уровень) – показывает сформированность показателя компетенции «владеть»: навыками настройки, регулировки и контроля при эксплуатации различных видов технологического оборудования и приборов.

Для решения поставленных задач, понадобится калькулятор.

Практические задания:

1. Определить объем смеси идеальных газов при нормальных физических условиях (НФУ) V_H . Известно, что объем при заданных условиях $V = 0,8 \text{ м}^3$, давление $P = 0,2 \text{ МПа}$, температура $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Определить влагосодержание d во время нагрева его перед процессом сушки. При этом известна масса паров воды $M_{п.в.} = 2,5 \text{ г}$, масса сухого воздуха $M_{с.в.} = 3 \text{ кг}$.
3. Определить термический коэффициент полезного действия (КПД) – η_t , обратного цикла Карно для холодильной установки, если известна начальная абсолютная температура $T_1 = 450 \text{ К}$ и конечная $T_2 = 200 \text{ К}$.
4. Стены сушильной камеры выполнены из двух слоев материала толщиной первой $\delta_1 = 120 \text{ мм}$. Температура на внешней поверхности первого слоя материала $t_{c1} = 100^\circ\text{C}$, на внешней поверхности второго слоя $t_{c3} = 50^\circ\text{C}$, при этом коэффициент теплопроводности первого слоя $\lambda_1 = 0,85 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$, второго слоя $\lambda_2 = 0,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$. Определить толщину второго слоя материала δ_2 .
5. Определить количество теплоты, переданное нагретой трубой в окружающую среду. При этом известна температура нагретой трубы снаружи $t_c = 101^\circ\text{C}$, а также температура воздуха внутри помещения $t_b = 17^\circ\text{C}$.

Ключи

1.	<p>Объем смеси идеальных газов при НФУ вычисляется по формуле:</p> $V_H = 2,73 \cdot 10^{-3} \cdot (P \cdot V / T), \text{ м}^3$ <p>подставляя исходные данные, получим:</p> $V_H = 2,73 \cdot 10^{-3} \cdot (0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,8 / 290) = 1,5 \text{ м}^3$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> объем смеси идеальных газов при НФУ равен $1,5 \text{ м}^3$</p>
2.	<p>При нагреве или охлаждении воздуха влагосодержание не меняется. Для определения влагосодержания запишем формулу:</p> $d = M_{п.в.} / M_{с.в.}, \text{ г/кг}$ <p>подставляя исходные данные, получим:</p> $d = 2,5 / 3 = 0,8 \text{ г/кг}$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> влагосодержание равно $0,8 \text{ г/кг}$</p>
3.	<p>Термический КПД обратного цикла Карно зависит от абсолютных температур источника тепла и холодильника, чем больше $T_1 > T_2$, тем выше η_t:</p> $\eta_t = T_1 - T_2 / T_1, \%$ <p>подставляя исходные данные, получим:</p> $\eta_t = 450 - 200 / 450 = 0,55 \%$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> термический КПД обратного цикла Карно равен $0,55 \%$</p>
4.	<p>Толщину второго слоя материала находим по формуле:</p> $\delta_2 = (t_{c3} / t_{c1} - \delta_1 / \lambda_1) \cdot \lambda_2, \text{ м}$ <p>подставляя исходные данные, получим:</p> $\delta_2 = (50 / 100 - 0,12 / 0,85) \cdot 0,04 = 0,0076 \text{ м}$ <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i></p>

	толщина второго слоя материала равна 0,076 м
5.	<p>Количество теплоты, переданное нагретой трубой в окружающую среду считается $Q_{\text{луч}}$. Лучевая теплота имеет следующее выражение:</p> $Q_{\text{луч}} = E \cdot C_0 \cdot F \cdot [(t_c/100)^4 - (t_b/100)^4], \text{ Вт}$ <p>где: E – степень черноты поверхности трубы, $E = 0,86$; C_0 – коэффициент излучения черного тела, $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ F – радиационная поверхность, $F = 0,077$ подставляя исходные данные, получим: $Q_{\text{луч}} = 0,86 \cdot 5,67 \cdot 0,077 \cdot [(106,3/100)^4 - (11/100)^4] = 0,479 \text{ Вт}$</p> <p><i>Сокращенный вариант ответа:</i> количество теплоты, переданное нагретой трубой в окружающую среду равна 0,479 Вт</p>

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме устного зачета.

Вопросы для зачета

1. Что техническая термодинамика изучает?
2. Термодинамическая система это
3. Дать определение давлению
4. Что такое удельный объём
5. Как проверить правильность расчета объемных долей смеси?
6. Закон Дальтона для смеси идеальных газов:
7. Что именно остается неизменным в изобарном процессе?
8. Что такое НФУ?
9. Почему теплоемкость при постоянном давлении всегда больше теплоемкости при постоянном объеме ?
10. По какой формуле определяется абсолютное давление?
11. Какой вид имеет первый закон термодинамики для изобарного процесса?
12. Под плотностью понимают:
13. Какой физический смысл удельной газовой постоянной?
14. В чем уравнение $PV = RT$ выражает зависимость параметров?
15. По какой формуле определяется газовая постоянная?
16. Массовая теплоёмкость при постоянном объёме (C_v):
17. Универсальная газовая постоянная для всех газов равна:
18. В кДж/кг · К измеряется:
19. При каком значении n (показателя политропы) политропный процесс преобразуется в изобарный?
20. Изменение внутренней энергии в изохорном процессе определяется по формуле:
21. Уравнение $P_2/P_1 = T_2/T_1$ выражает зависимость параметров в:
22. Массовая теплоемкость вычисляется по формуле:
23. Идеальный газ это:
24. Реальный газ это:
25. В каких единицах измеряется энтальпия (i)?
26. Дать определение истинной теплоемкости.
27. Плотность и удельный объём связаны зависимостью:
28. Как определить среднюю теплоемкость в интервале от t_1 до t_2 , пользуясь таблицами теплоемкостей от 0 до 2000° С?

29. Что такое энтальпия i ?
30. Что такое энтропия S ?
31. i – энтальпия имеет выражение:
32. Что измеряют психрометром Ассмана?
33. Чему равен объем 1 кило моля идеального газа при НФУ?
34. По формуле $q = R \cdot (T_2 - T_1)$ определяется:
35. Влажностное содержание - это отношение:
36. Влажный воздух – это:
37. Какой пар называют насыщенным, какой не насыщенный?
38. Уравнение Клапейрона имеет вид:
39. Дайте определение удельной теплоемкости.
40. Количество тепла, подведенного к телу при изменении температуры на величину $\Delta t = t_2 - t_1$ определяется для:
41. Теплопроводностью это:
42. Излучение это:
43. Конвекция это:
44. Температурный градиент, взятый с обратным знаком, называется?
45. Плотность теплового потока выражается?
46. Теплообмен между жидкостью и стенкой называется?
47. Свободное движение это:
48. Ламинарное движение в процессе теплопередачи происходит?
49. Турбулентное движение в процессе теплопередачи характерно?
50. При ламинарном движении перенос тепла по нормали к стенке осуществляется?
51. Критическая скорость, определяющая переход из ламинарного движения в турбулентное для любой жидкости имеет вид:
52. На интенсивность теплопередачи оказывает влияние?
53. Выражение закона Ньютона-Рихмана имеет вид:
54. Тело, которое характеризуется наибольшей энергией излучения для всех частот по сравнению с собственным излучением других тел, называется?
55. Плотность потока излучения измеряется:
56. Закон Стефана-Больцмана определяется:
57. Интегральным излучением называется?
58. ϵ – коэффициент, характеризующий степень:
59. Термическое сопротивление теплопроводности имеет вид:
60. Термическое сопротивление теплопередачи имеет вид:

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Текущий контроль

Тестирование для проведения текущего контроля проводится с помощью Системы дистанционного обучения. На тестирование отводится 10 минут. Каждый вариант тестовых заданий включает 10 вопросов. Количество возможных вариантов ответов – от 2 до 10. Студенту необходимо выбрать один правильный ответ. За каждый правильный ответ на вопрос присваивается 10 баллов. Шкала перевода: 9-10 правильных ответов – оценка «отлично» (5), 7-8 правильных ответов – оценка «хорошо» (4), 6 правильных ответов – оценка «удовлетворительно» (3), 1-5 правильных ответов – оценка «неудовлетворительно» (2).

Опрос как средство текущего контроля проводится в форме устных ответов на вопросы. Студент отвечает на поставленный вопрос сразу, время на подготовку к ответу не предоставляется.

Лабораторные задания как средство текущего контроля проводятся в письменной форме. Студенту выдается задание и предоставляется 10 минут для подготовки к ответу.

Промежуточная аттестация

Зачет проводится путем подведения итогов по результатам текущего контроля. Если студент не справился с частью заданий текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать зачет на итоговом контрольном мероприятии в форме ответов на вопросы к зачету или тестовых заданий к зачету. Форму зачета (опрос или тестирование) выбирает преподаватель.

Если зачет проводится в форме ответов на вопросы, студенту предлагается один или несколько вопросов из перечня вопросов к зачету. Время на подготовку к ответу не предоставляется.

Если зачет проводится в форме тестовых заданий к зачету, тестирование для проведения текущего контроля проводится с помощью Системы дистанционного обучения. На тестирование отводится 10 минут. Каждый вариант тестовых заданий включает 10 вопросов. Количество возможных вариантов ответов – от 3 до 5. Студенту необходимо выбрать один правильный ответ. За каждый правильный ответ на вопрос присваивается 10 баллов. Шкала перевода: 9-10 правильных ответов – оценка «отлично» (5), 7-8 правильных ответов – оценка «хорошо» (4), 6 правильных ответов – оценка «удовлетворительно» (3), 1-5 правильных ответов – оценка «неудовлетворительно» (2).