

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»  
(БГТУ им В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ХТИ

Ястребинский Р.Н.

«16» мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**Тепло- и хладотехника**

Направление подготовки (специальность):

19.03.01 – Биотехнология

Направленность программы (профиль, специализация):

**Биотехнология**

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

Очная

Институт Химико-технологический  
Кафедра промышленной экологии

Белгород – 2022 г.

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» (уровень бакалавриата) приказ Минобрнауки РФ № 736 от 10.08.2021г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель (составители): канд.техн.наук, доцент  (Токач Ю.Е.)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«28» апреля 2022 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, проф.  (Свергузова С.В.)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)

\_\_\_\_\_ (наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, проф.  (Свергузова С.В.)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

«28» апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

«16» мая 2022 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональная	ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий	ПК-4.2 Участвует в проведении технологического контроля биотехнологических процессов	<b>Знания</b> основных определений термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел; назначения, составов и свойств рабочих тел тепловых двигателей и холодильных машин. теории и расчета процессов применения теплоты и холода в промышленном производстве; методы проектирования устройств и установок тепло- и хладоснабжения объектов. <b>Умения:</b> использования термодинамических схем, диаграмм, графиков и таблиц теплофизических свойств веществ и газов проведения термодинамического анализа процессов. <b>Навыки:</b> расчета процессов теплопередачи и теплоотдачи.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Пищевая биотехнология
2	Тепло- и хладотехника
3	Процессы и аппараты биотехнологии
4	Химия биологически активных веществ
5	Производственный контроль на предприятиях отрасли
6	Технохимический контроль на предприятиях отрасли
7	Производственная технологическая практика
8	Производственная преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	71	71
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	37	37
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	28	28
Зачет		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Теоретические основы технической термодинамики.</b>					
	Основные понятия и определения термодинамики. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Изопроцессы идеального газа. Первый закон термодинамики для потока. Термодинамические свойства и процессы реальных газов. Влажный воздух и его физические свойства.	5	5		4
<b>2. Основы теплотехники</b>					
	Критическое давление и скорость. Дросселирование. Свойства реальных газов. Понятия о водяном паре. Характеристики влажного воздуха. Нагревание. Выпаривание.	6	5		4
<b>3. Основы теории теплообмена.</b>					
	Основные понятия теплообмена. Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Передача теплоты теплопроводностью. Передача теплоты через многослойную стенку. Передача теплоты конвективным способом. Передача теплоты излучением. Закон Ньютона-Рихмана. Расчет теплообменных аппаратов. Способы сушки.	5	5		4
<b>4. Процессы получения низких температур. Способы охлаждения. Термодинамические основы работы холодильных машин.</b>					
	Процессы получения низких температур. Способы охлаждения. Термодинамический цикл холодильных машин. Расчет цикла холодильных машин. Принцип действия паровых компрессионных холодильных машин. Система охлаждения холодильной установки.	5	5		4
<b>5. Холодильные агенты и хладоностители. Типы холодильных машин. Компрессоры холодильных машин</b>					
	Холодильные агенты и хладоностители. Газовые и вихревые холодильные машины. Компрессионные паровые холодильные машины. Компрессионные паровые холодильные машины. Абсорбционные и сорбционные холодильные машины. Пароэжекторные холодильные машины. Поршневые компрессоры. Ротационные компрессоры. Винтовые компрессоры. Турбокомпрессоры.	5	5		4

6. Теплообменные аппараты холодильных машин. Вспомогательное оборудование.					
	Конденсаторы. Испарители. Охлаждающие приборы. Вспомогательное оборудование. Холодильных машин и установок.	4	4		4
7. Холодильное технологическое оборудование.					
	Воздушные морозильные аппараты. Контактные морозильные аппараты. Сублимационные сушильные установки. Технологические кондиционеры. Охлаждение водным льдом. Льдосоляное охлаждение. Охлаждение сухим льдом. Испарительное охлаждение.	4	4		4
	ВСЕГО	34	34		28

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 6				
1	Теоретические основы технической термодинамики.	Определение термодинамических параметров воды и водяного пара. Изучение термодинамических процессов реальных газов и газовых смесей.	5	2
2	Основы теплотехники.	Процесс парообразования в $PV$ - и $TS$ -диаграммах. Основные понятия о термодинамических характеристиках водяного пара (энтальпия, внутренняя энергия, степень сухости, теплоемкость пара). Таблицы термодинамических свойств сухого насыщенного и перегретого пара и кипящей жидкости $HS$ -диаграмма водяного пара. Изобарный и адиабатный процессы с водяным паром. Дросселирование пара.	5	2
3	Основы теории теплообмена.	Определение теплопроводности твердых тел. Определение коэффициента теплоотдачи. Исследование излучательной способности тел.	5	2
4	Процессы получения низких температур. Способы охлаждения. Термодинамические основы работы холодильных машин.	Термодинамические основы получения холода.	5	2
5	Холодильные агенты и хладоносители. Типы холодильных машин. Компрессоры холодильных машин.	Охлаждаемые сооружения и охлаждающие среды. Газообразная охлаждающая среда. Жидкая охлаждающая среда. Твердая охлаждающая среда.	5	2
6	Теплообменные аппараты холодильных	Расчет теплопритоков в охлаждаемое помещение.	4	2

	машин. Вспомогательное оборудование.			
7	Холодильное технологическое оборудование.	Конструкции холодильников. Тепловой баланс. Расчет и подбор конденсаторов холодильных машин.	4	2
ИТОГО:			34	14
ВСЕГО:			34	14

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрены учебным планом

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

### 4.5. Содержание индивидуального домашнего задания

Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий

#### Типовой пример ИДЗ

Определить потребляемую мощность для одноступенчатого аммиачного компрессора, работающего по сухому ходу. Найти массовый расход циркулирующего хладагента. Требуемая холодопроизводительность 290 кВт, температура испарения  $-20^{\circ}\text{C}$ , температура конденсации  $+25^{\circ}\text{C}$ , температура переохлаждения  $20^{\circ}\text{C}$ .

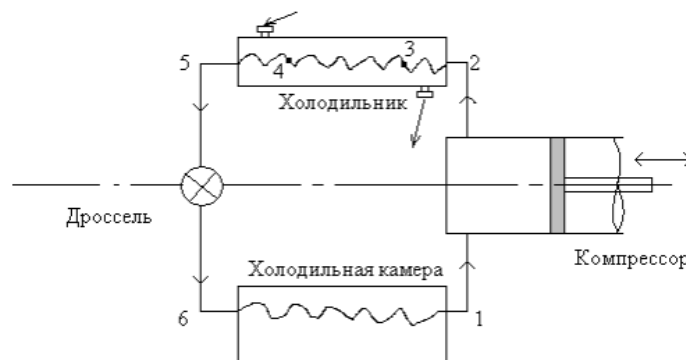


Рис. 1. Технологическая схема установки в задаче примера.

Решение. Рассмотрим рис. 1, где изображена технологическая схема аммиачной холодильной установки. Этот рисунок аналогичен рис. 2, но с деталями из рассматриваемой задачи. На рис. 3 представлен термодинамический цикл рассматриваемой установки.

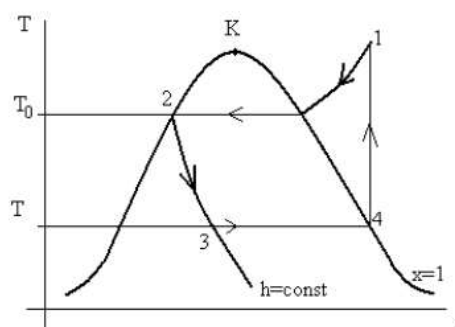


Рис. 2. Реальный пароконденсационный цикл.

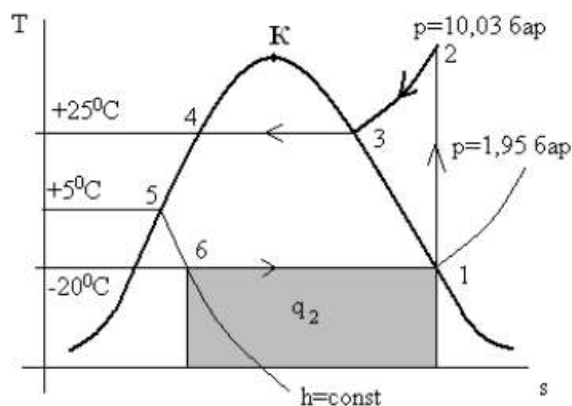


Рис. 3. Изображение термодинамического цикла холодильной установки для задачи примера.

Сухой насыщенный пар  $\text{NH}_3$  при температуре  $-20^\circ\text{C}$  подается на вход компрессора (точка 1). По таблицам для насыщенных паров аммиака находим давление насыщения: 1,95 бар. Одновременно определяем энтальпию аммиака в этой точке:  $h_1=1403,6$  кДж/кг.

Из точки 1 в координатах  $T - s$  проводим вертикальную прямую вверх ( $s = \text{const}$ ), но пока не знаем, где остановиться. По условию задачи температура конденсации равна  $+25^\circ\text{C}$ . Тогда по таблицам насыщенных паров для аммиака определяем давление насыщения:  $p = 10,03$  бара. Строим изобару  $p = 10,03$  бара: она проходит по нижней пограничной фазовой кривой, далее в точке 4 начинается кипение при этом давлении, в точке 3 закончился фазовый переход и пар стал сухим, далее изобара выходит в область перегретого пара. Точка пересечения изобары и изоэнтропы и определит точку 2 – конец процесса сжатия в компрессоре.

Далее перегретый пар аммиака с большой температурой поступает в теплообменник – конденсатор. Процесс 2 – 3 – это охлаждение перегретого пара аммиака, процесс 3 – 4 – это сам процесс конденсации и образования жидкой фазы. Процесс 4 – 5 – это процесс переохлаждения жидкости на  $20^\circ\text{C}$  (пере- по сравнению с температурой конденсации  $25^\circ\text{C}$ ).

Переохлажденная жидкость  $\text{NH}_3$  в точке 5 поступает в дроссель, совершается процесс  $h=\text{const}$  до температуры испарения  $-20^\circ\text{C}$ . Получаем точку 6 как пересечение изоэнтропии и изотермы. В точке 6 пар аммиака стал влажным и в таком состоянии направляется в испаритель (теплообменник) в холодильной камере, где необходимо поддерживать температуру  $-20^\circ\text{C}$  и отводить 290 кВт теплоты из холодильной камеры.

С помощью таблиц насыщенного пара для аммиака определим энтальпию хладагента в характерных точках цикла:

$$h_3 = 1450 \text{ кДж/кг}, h_4 = 304 \text{ кДж/кг}.$$

Для определения энтальпии в точках 5 и 2 придется взять таблицы перегретого пара и жидкости или воспользоваться самой  $T - s$  диаграммой для аммиака. Тогда:

$$h_5 = 205 \text{ кДж/кг}, h_2 = 1647 \text{ кДж/кг}.$$



Действительно, удельная холодопроизводительность установки

$$q_2 = h_1 - h_6 = 1403,6 - 205 = 1198 \text{ кДж/кг.}$$

Учитываем, что  $h_5 = h_6 = 205 \text{ кДж/кг.}$  Далее, массовый расход хладагента (аммиака) найдем из формулы

$$Q_2 = q_2 * G \rightarrow G = Q_2/q_2 = 290/1198 = 0,242 \text{ кг/с.}$$

Теоретическую мощность компрессора определим как:

$$NT = G * (h_2 - h_1) = 0,242 * (1647 - 1403,6) = 60 \text{ кВт.}$$

Ответ: массовый расход аммиака в установке  $G = 0,242 \text{ кг/с,}$

теоретическая мощность компрессора  $NT = 60 \text{ кВт.}$

Замечание. Определение параметров состояния аммиака в точках 1, 2, 3, 4, 5 и расхода необходимо не только для проведения термодинамических расчетов, но и для расчета теплообменных поверхностей в холодильнике-конденсаторе. Дело в том, что расчет теплообмена между охлаждающей жидкостью и перегретым паром, этот же расчет при конденсации и теплообмене между двумя жидкостями основан на разных физических механизмах и, следовательно, имеют разные расчетные формулы для определения теплообменной поверхности.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

#### 11. Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК - 4.2 Участвует в проведении технологического контроля биотехнологических процессов	<i>Собеседование, тестирование, Зачет</i>

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

#### Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Теоретические основы технической термодинамики.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Первый закон термодинамики.</li> <li>2. Второй закон термодинамики.</li> <li>3. Основные законы идеальных газов (перечислить).</li> <li>4. Понятие теплоемкости, удельной теплоемкости.</li> <li>5. Виды теплоемкостей.</li> <li>6. Охарактеризовать параметры влажного воздуха.</li> <li>7. Температура точки росы.</li> </ol>

		<p>8. Абсолютная влажность воздуха.</p> <p>9. Относительная влажность воздуха.</p> <p>10. Влагосодержание воздуха.</p>
2	Основы теплотехники.	<p>11. Изохорный процесс.</p> <p>12. Изобарный процесс.</p> <p>13. Адиабатный процесс.</p> <p>14. Процесс парообразования и состояние водяного пара.</p> <p>15. Параметры, характеризующие состояние водяного пара.</p> <p>16. Охарактеризовать параметры влажного воздуха.</p> <p>17. Парциальное давление водяного пара.</p> <p>18. Давление насыщения.</p> <p>19. Дросселирование.</p>
3	Основы теории теплообмена.	<p>20. Теплопередача.</p> <p>21. Закон Ньютона-Рихмана.</p> <p>22. Физическая сущность передачи теплоты конвективным способом.</p> <p>23. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. Единица измерения коэффициента теплоотдачи.</p> <p>24. Плотность теплового потока.</p> <p>25. Тепловой поток (мощность теплового потока).</p> <p>26. Термическое сопротивление конвективному теплообмену.</p> <p>27. Определение количества теплоты переданной конвективным способом, выраженное через коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление.</p> <p>28. Какое тело называется абсолютно белым, абсолютно прозрачным, абсолютно черным?</p> <p>29. Кондуктивная сушка</p> <p>30. Контактная сушка.</p>
4	Процессы получения низких температур. Способы охлаждения. Термодинамические основы работы холодильных машин.	<p>31. Естественное охлаждение.</p> <p>32. Искусственное охлаждение.</p> <p>33. Способы получения низких температур. Какое тело называется абсолютно белым, абсолютно прозрачным, абсолютно черным?</p> <p>34. Холодильная машина.</p>
5	Холодильные агенты и хладоностители. Типы холодильных машин. Компрессоры холодильных машин.	<p>35. Холодильный агент.</p> <p>36. Подразделение холодильных машин.</p> <p>37. Система охлаждения холодильной установки.</p> <p>38. Хладоны (фреоны).</p> <p>39. Жидкие хладоностители.</p> <p>40. Твердые хладоностители.</p> <p>41. Функциональная схема воздушной холодильной машины.</p>
6	Теплообменные аппараты холодильных машин. Вспомогательное оборудование.	<p>42. Испарительное охлаждение.</p> <p>43. Агрегаты холодильных машин и установок.</p> <p>44. Конденсаторы.</p>
7	Холодильное технологическое оборудование.	<p>45. Воздушные морозильные аппараты.</p> <p>46. Льдосоляное охлаждение.</p> <p>47. Охлаждение сухим льдом.</p>

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

#### Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий

#### Типовые задачи для решения на практических занятиях Тема: ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Теплопередачей называется передача теплоты от одной подвижной среды (жидкости или газа) к другой через разделяющую их однородную или многослойную твердую стенку любой формы. Теплопередача (сложный теплообмен) включает в себя теплоотдачу от более горячей жидкости к стенке, теплопроводность в стенке, теплоотдачу от стенки к более холодной жидкости. При интенсивной теплоотдаче тепловое излучение часто не учитывается.

Для теплоотдачи  $q = \alpha_1(t_{ж1} - t_{ст1})$ . Для теплопроводности плоской однослойной стенки  $q = \lambda (t_{ст1} - t_{ст2}) / \delta$ , уравнение теплоотдачи  $q = \alpha_2 (t_{ст2} - t_{ж2})$

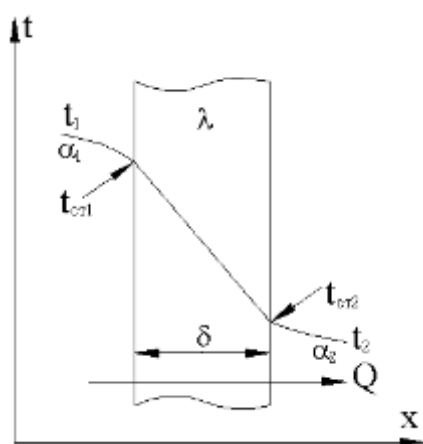


Рис.1. Распределение температур в процессе теплопередачи в плоской стенке

Суммируя полученные уравнения, получим

$$q = (t_{ж1} - t_{ж2}) / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2) \quad 2.74$$

где  $1/\alpha_1$  - частное термическое сопротивление в процессе теплоотдачи от горячей жидкости к стенке;  $1/\alpha_2$  - частное термическое сопротивление в процессе теплоотдачи от стенки к холодной жидкости;  $\delta/\lambda$  - частное термическое сопротивление в процессе теплопроводности в стенке

$$R_1 + R_2 + R_3 = R \quad 2.75$$

Где  $R$  - полное термическое сопротивление в процессе теплопередачи.

$$1/R = k, \quad 2.76$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи, Вт / (м<sup>2</sup> К).

Уравнение теплопередачи имеет вид

$$Q = k (t_{ж1} - t_{ж2}) F = k \Delta t F \quad 2.77$$

Удельный тепловой поток определяется

$$q = k (t_{ж1} - t_{ж2}) = k \Delta t \quad 2.78$$

$$\text{Коэффициент теплопередачи определяется } k = 1 / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2), \quad 2.79$$

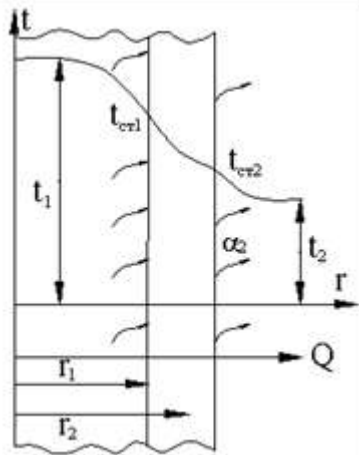


Рис.2.9 Распределение температур при теплопередаче через цилиндрическую стенку

Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность процесса теплопередачи от одного теплоносителя к другому через разделяющую их плоскую стенку.

Коэффициент теплопередачи всегда меньше  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\delta / \lambda$ . Сильнее всего он зависит от наименьшего из этих значений. При  $\alpha_1 \ll \alpha_2$  и  $\alpha_1 \ll \delta / \lambda$ ,  $k \approx \alpha_1$ .  
Определение температуры стенок можно провести по формулам

$$t_{ст1} = t_{ж1} - q / \alpha_1, \quad 2.80$$

$$t_{ст2} = t_{ж2} - q / \alpha_2 \quad 2.81$$

В случае многослойной плоской вместо отношения  $\delta / \lambda$  следует подставлять сумму этих отношений для каждого слоя.

При расчете теплового потока через тонкие цилиндрические трубы

$$Q = q F_{тр} = k ( t_{ж1} - t_{ж2} ) F_{тр} \quad 2.82$$

Площадь поверхности трубы  $F_{тр}$  считают с той стороны трубы, с которой коэффициент теплоотдачи меньше. Если коэффициенты теплоотдачи близки друг к другу, то площадь следует считать по среднему диаметру трубы

$$d = 0,5 ( d_{вн} + d_{нар} ).$$

Передача теплоты через однослойную однородную цилиндрическую стенку при стационарном режиме с постоянными температурами теплоносителей и коэффициентов теплоотдачи рассчитывается по формуле

$$Q = \pi ( t_{ж1} - t_{ж2} ) / [ 1/\alpha_1 d_{вн} + ( 1 / 2\lambda ) \ln ( d_{нар} / d_{вн} ) + 1/\alpha_2 d_{нар} ] \quad 2.83$$

$k_{ц}$  – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м К)

$$k_{ц} = \frac{1}{1/\alpha_1 d_{вн} + (1/2\lambda) \ln(d_{нар} / d_{вн}) + 1/\alpha_2 d_{нар}} \quad 2.84$$

$$\text{Тогда уравнение теплопередачи } Q = k_{ц} \pi ( t_{ж1} - t_{ж2} ) \quad 2.85$$

Тепловой поток можно отнести либо к внутренней поверхности стенки, либо к внешней поверхности

$$q_{вн} = Q / \pi d_{вн} \ell, \quad 2.86$$

$$q_{внеш} = Q / \pi d_{внеш} \ell \quad 2.87$$

Температура на внутренней поверхности стенки определяется

$$t_{ст1} = t_{ж1} - Q / ( \alpha_1 d_{вн} \pi \ell ) \quad 2.88$$

Температура наружной поверхности стенки определяется

$$t_{ст2} = t_{ж2} + Q / ( \alpha_2 d_{внеш} \pi \ell ) \quad 2.89$$

Для снижения тепловых потерь в окружающую среду горячие поверхности изолируют.

Для тепловой изоляции могут быть использованы материалы с низкой теплопроводностью - асбест, шлаковая или стеклянная вата, опилки, торф, шерсть и т.д.

Тепловые потери изолированных трубопроводов уменьшаются пропорционально увеличению толщины изоляции. Следует рассчитывать критический диаметр изоляции

$$D_{кр} = d_{из} = 2\lambda_{из} / \alpha_2 \quad 2.90$$

Критический диаметр изоляции не зависит от размеров трубопровода. Он будет тем меньше, чем меньше теплопроводность изоляции и чем больше коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$ . Материал изоляции должен определяться по формуле

$$\lambda_{из} \leq \alpha_2 d_2 / 2 \quad 2.91$$

Из формулы теплопередачи  $q = k \Delta t F$  видно, что для интенсификации теплопередачи следует увеличить либо коэффициент теплопередачи, либо температурный напор, либо площадь поверхности.

Для увеличения коэффициента теплопередачи следует уменьшить наибольшее термическое сопротивление.

Температурный напор у теплообменников с противотоком выше, чем у теплообменников с прямотоком. Следует иметь в виду, что если один из теплоносителей имеет постоянную температуру (кипение, конденсация) замена схемы движения не увеличит температурный напор.

Для увеличения площади поверхности производится путем оребрения, причем ребристой делают поверхность с большим термическим сопротивлением. Отношение оребренной поверхности к гладкой называется коэффициентом оребрения. К выбору количества ребер и их длины следует относиться внимательно, проводя экспериментальные исследования, в противном случае большое количество ребер и их большая длина утяжелит конструкцию, увеличит стоимость, но не улучшит теплопередачу.

## Примеры тестов

### **Компетенция ПК-4 Способен осуществлять спектр процессов по реализации биологических технологий**

#### **I. Рабочее тело**

1. Тело, посредством которого производится взаимное превращение теплоты и работы.
2. Тело, которое позволяет осуществлять термодинамический процесс.
3. Тело, благодаря которому происходит теплообмен между системой и окружающей средой.
4. Тело, благодаря которому вырабатывается электрическая энергия
5. Все ответы правильные

## **II Термодинамическая система называется изолированной**

1. Если она не допускает обмена с окружающей средой, как теплотой, так и работой.
2. Если она допускает обмен с окружающей средой, либо теплотой, либо работой
3. Если она допускает обмен со средой и теплотой, и работой
4. Если она выделяет энергию в окружающую среду
5. Все ответы правильные

## **III Идеальным газом считают газ:**

1. в котором отсутствуют силы взаимодействия между молекулами и можно пренебречь объемом самих молекул;
2. понимают совокупность материальных точек — молекул с исчезающе малыми объемами, находящихся в состоянии хаотического движения и лишенных сил взаимодействия;
3. в котором молекулы находятся в непрерывном тепловом движении;
4. газ в котором существенное значение имеют силы взаимодействия между молекулами и нельзя пренебречь силами объемом самих молекул;
5. Все ответы правильные.

## **IV. Теплопроводность – это процесс переноса теплоты (обмен внутренней энергией):**

1. От тела к телу;
2. Внутри тела;
3. В металлах и диэлектриках
- 4 Структурными частицами вещества – молекулами, атомами, электронами в сплошной среде при наличии градиента температур.

## **V. В каких телах процесс теплопроводности обусловлен диффузией молекул и атомов?**

1. В жидкостях; 2. В металлах; 3. В газах 4. В диэлектриках

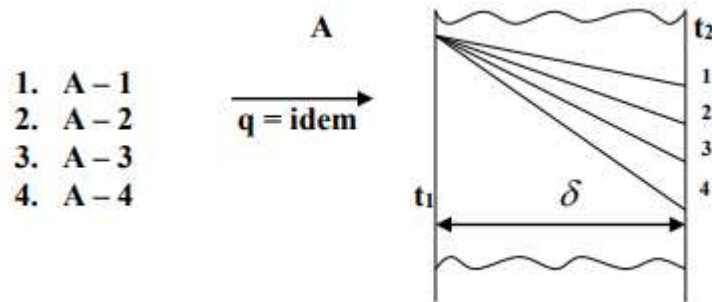
## **VI. Что называется температурным полем?**

1. Значение температур в разное время
2. Совокупность температур (ее значений) во всех точках изучаемого пространства для каждого момента времени
3. Значение температур тела
4. Совокупность температур (ее значений) во всех точках тела

### VII. Какой пар называется насыщенным?

1. Пар, находящийся над поверхностью жидкости
2. Пар, находящийся в термическом и динамическом равновесии с жидкостью, из которой он образуется.
3. Пар, содержащий мельчайшие частицы жидкой фазы
4. Пар, не содержащий жидкости

### VIII. В каком случае градиент температуры наибольший?



### IX. Укажите закон Фурье:

1.  $Q = \kappa H \Delta t$ ;
2.  $q = \lambda \frac{dt}{dn}$ ;
3.  $\delta Q_{\tau} = -\lambda \frac{dt}{dn} dH d\tau$ ;
4.  $Q = \alpha(t_c - t_x)H$

### X. Относительная влажность выражается уравнением:

1.  $p \cdot v = R \cdot T$  ;
2.  $\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_n}$  ;
3.  $\varphi_{t < 100^\circ C} = \frac{\rho_n}{\rho_n} \cong \frac{p_n}{p_n}$  ;
4.  $d = 1000 \cdot \frac{M_n}{M_b}$
5.  $I = h_b + h_n \cdot \frac{d}{1000}$
6.  $d = 622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_n}{B \cdot 10^2 - \varphi \cdot p_n}$

### XI. Энтропия тела выражается уравнением

1.  $\Delta L = T_0 \Delta S_{\text{сист}}$
2.  $\Delta S = \frac{T}{\Delta q}$  ;
3.  $\Delta S = \frac{\Delta q}{T}$  ;
4.  $S_2 - S_1 = c_v \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = c_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	основных определений термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел; назначения, составов и свойств рабочих тел тепловых двигателей и холодильных машин.
	теории и расчета процессов применения теплоты и холода в промышленном производстве; методы проектирования устройств и установок тепло- и хладоснабжения объектов.
Умения	использования термодинамических схем, диаграмм, графиков и таблиц теплофизических свойств веществ и газов проведения термодинамического анализа процессов.
Навыки	расчета процессов теплопередачи и теплоотдачи.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знания основных определений термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел; назначения, составов и свойств рабочих тел тепловых двигателей и холодильных машин.	Отсутствие или наличие фрагментарных знаний, недостаточных для освоения знаний по данной компетенции, необходимых для применения в сфере тепло- и хладотехники	Сформированные систематические знания основных законов термодинамики и теплопередачи
Знания теории и расчета процессов применения теплоты и холода в промышленном производстве; методы проектирования устройств и установок тепло- и хладоснабжения объектов.	Отсутствие или наличие фрагментарных знаний теории и расчета процессов применения теплоты и холода в промышленном производстве; методы проектирования устройств и установок тепло- и хладоснабжения объектов.	Сформированные систематические знания основных знаний теории и расчета процессов применения теплоты и холода в промышленном производстве; методов проектирования устройств и установок тепло- и хладоснабжения объектов.



### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умения использования термодинамических схем, диаграмм, графиков и таблиц теплофизических свойств веществ и газов проведения термодинамического анализа процессов.	Неполные умения в использовании термодинамических схем, диаграмм, графиков и таблиц теплофизических свойств веществ и газов.	Сформированные умения в использовании термодинамических схем, диаграмм, графиков и таблиц теплофизических свойств веществ и газов.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Навыки расчета процессов теплопередачи и теплоотдачи.	Компетенции не сформированы. Навыки не сформированы. Испытывает затруднения в применении теории при выполнении практических задач; обосновании полученных результатов.	Успешное и систематическое применение навыков

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№ п/п.	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Зал электронных ресурсов, здание библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» в количестве 10 шт. и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
2	Читальный зал учебной литературы, здание библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
4	Учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля	Специализированная мебель, аквадистиллятор мед., весы ВЛ-120, 1 кл, весы SK-10000WP, дробилка трехвалковая, анализатор «Эксперт 001», иономер И-500 базовый, иономер лабораторный И-160, колба нагреватель ES-4100-3, мешалка ES-6120, мешалка MP-25, печь муфельная ПМ-14М, печь муфельная LOIP LF-7/13G2, прибор КФК-2, рН-метр рН-150М, стерилизатор ВК-30, термостат, устройство перемешивающее LS-110, УГ-2, фотометр КФК-3-01, фотоэлектроколориметр АРЕL-101, центрифуга лабор. ОПН-3, шкаф сушильный СНОЛ-04.

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020).	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020).	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023.
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Термодинамика и теплопередача: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 54 с.
2. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Таблицы свойств холодильных агентов: Учебно-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 52 с.
3. Теплотехника: учебник для студентов техн. специальностей вузов / под ред. В. Н. Луканина. - 5-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2006. - 671 с.

### 1.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронная библиотека БГТУ им. В. Г. Шухова <http://ntb.bstu.ru>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/>.
4. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть