

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лазаренко Виктор Анатольевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 16.03.2023 22:41:35  
Уникальный программный ключ:  
45c319b8a032ab3637134215abd1c4755547674

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Курский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России)**

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры биологической и  
химической технологии


протокол № 11 от «28» мая 2018 г.  
заведующий кафедрой биологической и  
химической технологии

профессор  Лазурина Л.П.

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании методического совета  
фармацевтического и биотехнологического  
факультетов

протокол № 5 от «29» июня 2018 г.  
председатель методического совета  
фармацевтического и биотехнологического

факультетов  
доцент  Дроздова И.Л.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ПО ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССАМ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Факультет</b>	Биотехнологический		
<b>Направление подготовки</b>	18.03.01 Химическая технология		
<b>Направленность</b>	Химическая технология биологически активных веществ		
<b>Курс</b>	2	<b>Семестр</b>	3
<b>Трудоёмкость (з.е.)</b>	5		
<b>Количество часов всего</b>		180	
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	экзамен		

**Разработчики рабочей программы:**

зав. каф. биологической и химической технологии, д.б.н, профессор. Лазурина Л.П.  
ассистент каф. биологической и химической технологии Завидовская К.В.

Рабочая программа дисциплины тепловые процессы химической технологии разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология.

### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины является изучение фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов в химической технологии; представлений о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах в химической промышленности и их эффективности; о свойствах рабочих тел и теплоносителей.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков сбора и анализа информационных исходных данных для проектирования технологических процессов;
- формирование навыков управления технологическими процессами промышленного производства.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина тепловые процессы химической технологии относится к вариативной части образовательной программы (обязательная дисциплина).

Процесс изучения дисциплины обеспечивает достижение планируемых результатов освоения образовательной программы и направлен на формирование следующих компетенций:

Компетенция		Логическая связь с дисциплинами учебного плана
код	формулировка	
ОПК - 1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Общая и неорганическая химия;</li> <li>– Органическая химия;</li> <li>– Физическая химия;</li> <li>– Коллоидная химия;</li> <li>– Латинский язык;</li> <li>– Экология;</li> <li>– Химические реакторы;</li> <li>– Биология в технологии биологически активных веществ;</li> <li>– Микробиология в технологии биологически активных веществ;</li> <li>– Фармакологические аспекты биологически активных веществ</li> </ul>
ПК – 1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Прикладная механика;</li> <li>– Процессы и аппараты химической технологии;</li> <li>– Основные процессы в синтезе биологически активных веществ;</li> <li>– Основы технологии лекарственных препаратов;</li> <li>– Общая биотехнология в получении биологически активных веществ;</li> <li>– Технология выделения и очистки биологически активных веществ;</li> </ul>

		– Приемы получения особо чистых веществ
ПК – 19	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	– Физика; – Процессы и аппараты химической технологии; – Электротехника и промышленная электроника; – Моделирование химико-технологических процессов

### Содержание компетенций (этапов формирования компетенций)

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этапы формирования и индикаторы достижения компетенции		
		Знает	Умеет	Владеет (имеет практический опыт)
1	2	3	4	5
ОПК-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	- основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	- основными законами естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ПК-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	- основные понятия технологического регламента - технические средства для измерения основных параметров технологических процессов, свойств сырья и продукции	- применять на практике технологические процессы в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологических процессов, свойств сырья и продукции	- основными методами разработки технологического регламента - методами проведения стандартных испытаний по определению физико-химических свойств сырья и продукции
ПК-19	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	- основные физические теории для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	- использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	- знаниями основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления

### 3. Разделы дисциплины и компетенции, которые формируются при их изучении

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Код компетенции
1	2	3
Основные законы термодинамики. Реальные газы.	Основные термодинамические параметры состояния. Основные законы идеальных газов. Основные свойства газовых смесей. Реальные газы. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Теплоемкость газов.	ОПК - 1 ПК – 1 ПК – 19
Водяной пар. Влажный воздух.	Особенности рв-диаграммы водяного пара. Основные параметры влажного насыщенного водяного пара. Основные параметры перегретого пара. Абсолютная влажность, влагосодержание и относительная влажность воздуха. Плотность, удельная газовая постоянная, удельная энтальпия влажного воздуха. <i>id</i> -Диаграмма влажного воздуха.	ОПК - 1 ПК – 1 ПК – 19
Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров. Компрессоры	Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа. Располагаемая работа при истечении газа. Случаи истечения идеального газа из суживающегося сопла. Дросселирование газа. Уравнение процесса дросселирования. Эффект Джоуля-Томпсона. Виды компрессоров и процессы в компрессоре.	ОПК - 1 ПК – 1 ПК – 19
Циклы тепловых двигателей. Циклы паротурбинных установок. Циклы холодильных и теплонасосных установок	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы газотурбинных двигателей (ГТД). Циклы реактивного и ракетного двигателей. Идеальный и действительный циклы ПТУ. Циклы ПТУ с промежуточным перегревом и регенеративным отбором пара. Циклы парогазовой и атомной установок. Циклы и устройства прямого преобразования теплоты в электроэнергию. Циклы воздушной и парокомпрессорной холодильных установок. Передача теплоты тепловым насосом и тепловой трубой.	ОПК - 1 ПК – 1 ПК – 19
Вторичные энергоресурсы	Промышленные способы получения теплоты и теплоснабжение предприятий. Вторичные энергоресурсы. Их виды и направление использования. Схемы утилизации низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов.	ОПК - 1 ПК – 1 ПК – 19

#### 4. Учебно-тематический план дисциплины (в академических часах)

Наименование раздела дисциплины	Контактная работа		Внеаудиторная (самостоятельная) работа	Итого часов	Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения		Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	
	всего	из них			Традиционные	Интерактивные		
		лекции						практические занятия
1	2	3	4	5	6	8	9	10
Основные законы термодинамики. Реальные газы.	28	14	14	28	56	ЛТ, ПЗ, СИ, УИРС	-	КР, ДЗ, УИ, Т, Пр., С
Водяной пар. Влажный воздух.	8	4	4	8	16	ЛТ, ПЗ, СИ, УИРС	-	КР, ДЗ, УИ, Т, Пр., С
Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров. Компрессоры.	12	6	6	12	24	ЛТ, ПЗ, СИ, УИРС	-	КР, ДЗ, УИ, Т, Пр., С
Циклы тепловых двигателей. Циклы паротурбинных установок. Циклы холодильных и теплонасосных установок	20	10	10	20	40	ЛТ, ПЗ, СИ, УИРС	-	КР, ДЗ, УИ, Т, Пр., С
Вторичные энергоресурсы	4	2	2	4	8	ЛТ, ПЗ, СИ, УИРС	-	КР, ДЗ, УИ, Т, Пр., С
Экзамен	-	-	-	-	<b>36</b>	-	-	Т, Пр., ПЭ
<b>ИТОГО:</b>	-	-	-	-	<b>180</b>	-	-	-

#### 4.1. Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения

<b>ЛТ</b>	традиционная лекция
<b>ПЗ</b>	практическое занятие
<b>СИ</b>	самостоятельное изучение тем, отраженных в программе, но не рассмотренных в аудиторных занятиях
<b>УИРС</b>	учебно-исследовательская работа

#### 4.2. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

<b>КР</b>	проведение контрольных работ
<b>ДЗ</b>	проверка выполнения письменных домашних заданий
<b>УИ</b>	защита учебного исследования
<b>Т</b>	тестирование
<b>Пр.</b>	оценка освоения практических навыков (умений, владений)
<b>С</b>	оценка по результатам собеседования (устный опрос)
<b>ПЭ</b>	оценка по результатам письменного экзамена

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Зеленцов Д.В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Зеленцов. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 140 с. — 978-5-9585-0456-5. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20525.html>
2. Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики [Электронный ресурс] : учебник / Ю.В. Овчинников. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 293 с. — 978-5-7782-1303-6. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/47708.html>

### Дополнительная литература

1. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / . — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 17 с. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/55163.html>
3. Епифанов В.С. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / В.С. Епифанов, А.М. Степанов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 65 с. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/47961.html>
4. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 264 с. — 978-5-7882-1664-5. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63486.html>

### Электронное информационное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» <https://elibrary.ru/>
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ) <http://нэб.рф/>
3. Консультант плюс [https://kurskmed.com/department/library/page/Consultant\\_Plus](https://kurskmed.com/department/library/page/Consultant_Plus)
4. База данных международного индекса научного цитирования «WEB OF SCIENCE» <http://www.webofscience.com/>
5. Полнотекстовой базе данных «Medline Complete» <http://search.ebscohost.com/>
6. Федеральная электронная медицинская библиотека. <http://193.232.7.109/feml>
7. Полнотекстовая база данных «Polpred.com Обзор СМИ». <http://polpred.com/>
8. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru/>
9. Министерство здравоохранения Российской Федерации <https://www.rosminzdrav.ru/>
10. Всемирная организация здравоохранения <http://www.who.int/ru/>
11. Министерство образования и науки Российской Федерации <https://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/>



## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №209	<b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> специализированная мебель (учебная мебель, доска, трибуна лекторская); технические средства обучения и демонстрационное оборудование (проектор, ноутбук, экран); учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018
2.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №213	<b>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> специализированная мебель (учебная мебель, стол лабораторный химический).	-
3.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №222 (лаборатория)	<b>Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием:</b> специализированная мебель (учебная мебель, доска ученическая, стол компьютерный); технические средства обучения (компьютеры).	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018

## 7. Оценочные средства

### Вопросы для письменной части экзамена

1. Энергетические ресурсы России и их структура.
2. Основные термодинамические параметры состояния. Функции параметров состояния. Интенсивные и экстенсивные параметры состояния.
3. Определение термодинамических систем и окружающей среды. Основные виды термодинамических систем. Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы. Понятия фаза и компонент термодинамических систем.
4. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные термодинамические процессы.
5. Графическое изображение термодинамического процесса и термодинамической поверхности. Изохорный, изобарный и изотермический процессы в  $PV$  – координатах.
6. Понятие «идеальный газ». Характеристическое уравнение состояния идеальных газов. Основные законы идеальных газов.
7. Закон Авогадро для идеальных газов.
8. Физический смысл удельной газовой постоянной, ее размерность.
9. Универсальная газовая постоянная, ее связь с удельной газовой постоянной.
10. Основные свойства газовых смесей. Понятие газовой смеси. Закон Дальтона для газовой смеси.
11. Способы задания газовых смесей. Соотношение между массовыми и объемными долями.
12. Газовая постоянная смеси газов.
13. Реальные газы. Понятие «реальный газ», его отличие от идеального. Уравнение Майера-Боголюбова для реальных газов.
14. Уравнение Ван-дер-Ваальса как частный случай уравнения Майера-Боголюбова. Природа коэффициентов в уравнении Ван-дер-Ваальса.
15.  $PV$  диаграмма для реальных газов.
16. Три возможных решения (корня) уравнения Ван-дер-Ваальса. Изотерма, соответствующая уравнению Ван-дер-Ваальса в  $pV$ -координатах.
17. Графическое изображение решения уравнения Ван-дер-Ваальса. Характерные области  $pV$ -диаграммы.
18. Работа расширения газов. Способы передачи энергии от одного тела к другому.
19. Обратимые и необратимые процессы.
20. Вывод уравнения работы газа при его расширении. Анализ уравнения работы: положительная и отрицательная работа. Графическое изображение работы на  $pV$ -диаграмме.
21. Первый закон термодинамики для потока.
22. Внутренняя энергия. Понятие внутренней энергии газа. Внутренняя энергия газа как сумма отдельных видов энергий.
23. Кинетическая составляющая внутренней энергии. Потенциальная составляющая внутренней энергии.
24. Графическое изображение изменения внутренней энергии на  $pV$ -диаграмме. Внутренняя энергия сложной системы.
25. Теплоемкость газов. Понятие полной теплоемкости тела в процессе.
26. Различные виды удельной теплоемкости, связь между ними. Теплоемкость как функция процесса.
27. Теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении. Уравнение Майера для идеального газа.
28. Коэффициент  $k$  и его зависимость от атомарности газа.
29. Теплоемкость реальных газов и их смесей. Истинная и средняя теплоемкость реальных газов.

30. Удельная теплоемкость смеси газов, заданных массовыми долями. Объемная теплоемкость смеси газов. Молярная теплоемкость смеси газов.
31. Аналитическое определение энтропии (вывод из 1-го закона термодинамики).
32. Свойства удельной энтропии. Удельная энтропия как функция двух параметров.
33. Энтальпия и ее физический смысл. Применение энтальпии для термодинамических расчетов.
34. Назначение TS-диаграммы. Изображение состояния системы и термодинамического процесса на диаграмме.
35. Обратимые круговые процессы на TS-диаграмме.
36. Уравнение состояния газа в изохорном процессе. Изохорный процесс в  $p$ - $v$ -координатах. Полезная внешняя работа в изохорном процессе. Количество теплоты, участвующее в изохорном процессе. Энтальпия, внутренняя энергия и теплоемкость в изохорном процессе. Изохорный процесс в TS-координатах.
37. Уравнение состояния газа в изобарном процессе. Изобарный процесс в  $p$ - $v$ -координатах. Удельная работа и удельная располагаемая работа в изобарном процессе. Количество теплоты, участвующее в изобарном процессе. Энтальпия, внутренняя энергия и теплоемкость в изобарном процессе. Изобарный процесс в TS-координатах.
38. Уравнение состояния газа в изотермическом процессе. Изотермический процесс в  $p$ - $v$ -координатах. Удельная работа и удельная располагаемая работа в изотермическом процессе. Энтальпия, внутренняя энергия и теплоемкость в изотермическом процессе. Изотермический процесс в TS-координатах.
39. Вывод уравнения адиабаты. Уравнение адиабаты в дифференциальном виде
40. Зависимость между основными термодинамическими параметрами в начале и конце адиабатного процесса.
41. Работа изменения объема и располагаемая внешняя работа в адиабатном процессе.
42. Изменение внутренней энергии в адиабатном процессе.
43. Адиабатный процесс в PV- и TS-координатах.
44. Понятие политропного процесса, его связь с другими термодинамическими процессами.
45. Вывод уравнения политропы.
46. Соотношение между основными параметрами в начале и конце политропного процесса.
47. Удельная теплоемкость политропного процесса.
48. Удельная работа и удельная располагаемая работа в политропном процессе.
49. Энтальпия, внутренняя энергия и теплоемкость в политропном процессе.
50. Определение показателя политропы.
51. Политропный процесс в PV и TS-координатах.
52. Круговые термодинамические процессы, их графическое изображение на  $p$ - $v$  диаграмме.
53. Термический КПД цикла. Холодильный коэффициент цикла.
54. Прямой обратимый цикл Карно.
55. Обратный обратимый цикл Карно.
56. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно. Графическое изображение регенеративного цикла Карно.
57. Условие получения максимальной работы в цикле. Уравнение полезной работы системы при переходе из начального состояния в равновесное.
58. Вывод уравнения максимальной полезной работы и его физический смысл.
59. Определение эксергии рабочего тела. Уравнение эксергии. Эксергетический КПД.
60. Среднеинтегральная температура. Применение для расчета термического КПД цикла.
61. Водяной пар. Понятия «водяной пар», «насыщенный пар», «сухой насыщенный пар», «влажный насыщенный пар», «степень сухости пара».

62. Особенности  $p$ - $v$ -диаграммы водяного пара. Основные параметры жидкости и сухого насыщенного пара.
63. Теплота парообразования. Основные параметры влажного насыщенного водяного пара. Основные параметры перегретого пара.
64. Применение диаграмм для анализа состояния воды и водяного пара. Методы анализа состояний рабочего тела с помощью диаграмм.
65. Таблицы воды и водяного пара, их применение для термодинамических расчетов.
66.  $T$ - $S$ - диаграмма водяного пара. Пограничные кривые, критические точки, линии сухости. Применение  $T$ - $S$ - диаграммы для термодинамических расчетов.
67.  $p$ - $S$ - диаграмма водяного пара, пограничные кривые, критические точки, линии сухости. Применение  $p$ - $S$ -диаграммы для термодинамических расчетов.
68. Дросселирование газов и паров. Понятие дросселирования. Уравнение процесса дросселирования.
69. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный и интегральный температурные эффекты дросселирования.
70. Дросселирование Ван-дер-Ваальсова газа. Инверсионная кривая.
71. Понятие инверсия газов. Температура инверсии. Точка инверсии Ван-дер-Ваальсова газа. Инверсионная кривая Ван-дер-Ваальсова газа.
72. Исследование мятя водяного пара по  $p$ - $S$ -диаграмме.
73. Влажный воздух. Понятие влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Влажосодержание. Плотность влажного воздуха, удельная энтальпия.
74. Применение  $p$ - $v$ -диаграммы для анализа влажного воздуха.
75. Компрессоры. Назначение, схема, принцип работы.
76. Теоретическая индикаторная диаграмма одноступенчатого поршневого компрессора.
77. Техническая работа компрессора.
78. Работа на привод компрессора в изотермическом, адиабатном и политропных процессах
79. Действительная индикаторная диаграмма одноступенчатого поршневого компрессора.
80. Многоступенчатые компрессоры. Теоретическая индикаторная диаграмма. Степень увеличения давления в ступенях компрессора.
81. Определение затраченной работы и отводимой теплоты в многоступенчатых компрессорах.
82. Центробежные нагнетатели (турбо- и осевые компрессоры).
83. Процессы сжатия в реальном компрессоре.
84. Первый закон термодинамики для потока газов и паров.
85. Располагаемая работа при истечении газа.
86. Критическое давление и критическая скорость истечения.
87. Условия течения идеального газа по каналам переменного сечения.
88. Условия истечения идеального газа из суживающегося сопла. Сопла и диффузоры.
89. Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лаваля.
90. Истечение газов с учетом трения.
91. Цикл Отто.
92. Цикл Дизеля.
93. Цикл Сабатэ-Тринклера.
94. Цикл газотурбинных установок с подводом теплоты при постоянном давлении.
95. Цикл газотурбинных установок с подводом теплоты при постоянном объеме.
96. Циклы паротурбинных установок (цикл Ренкина).
97. Цикл парокomppressorной холодильной установки
98. Цикл парозежекторной холодильной установки.
99. Состав и основные характеристики топлива.

100. Теплота сгорания топлива.
101. Эксергия топлива.
102. Устройство промышленных печей.
103. Топливные водяные парогенераторы.
104. Энергетическая эффективность высокотемпературных топливоиспользующих установок. Термический КПД печи.
105. Тепловой баланс котлоагрегата. Термический КПД котлоагрегата

### **Банк профессионально-ориентированных ситуационных задач для экзамена**

**Задача 1.** В закрытом сосуде находится углекислый газ объемом  $0,1 \text{ м}^3$ , начальная температура газа  $20^\circ\text{C}$ , давление  $100 \text{ кПа}$ . Газ нагревается до температуры  $300^\circ\text{C}$ . Определите:

1. Массу углекислого газа в сосуде.
2. Среднюю теплоемкость в процессе.
3. Давление в сосуде в конце процесса.
4. Количество тепла, подводимое в процессе.
5. Изобразите данный процесс на  $TS$  – диаграмме.

**Задача 2.** Смесь газов состоит из водорода и угарного газа ( $\text{CO}$ ). Массовая доля водорода равна  $67\%$ . Определите:

1. Газовую постоянную водорода.
2. Газовую постоянную угарного газа.
3. Газовую постоянную данной смеси.
4. Удельный объем смеси.
5. Массу газовой смеси в баллоне объемом  $5 \text{ л}$ .

**Задача 3.** Воздух в закрытом сосуде объемом  $0,5 \text{ м}^3$  нагревают от начальной температуры  $100^\circ\text{C}$ , при начальном давлении  $300 \text{ кПа}$ . Конечная температура  $500^\circ\text{C}$ , определите:

1. Теплоемкость воздуха при указанных температурах (по термодинамическим таблицам).
2. Среднюю массовую теплоемкость в процессе.
3. Массу воздуха в сосуде.
4. Удельное количество теплоты, необходимое для нагрева.
5. Подведенное количество теплоты в процессе.

**Задача 4.** Сосуд объемом  $200 \text{ литров}$  содержит кислород при абсолютном давлении  $1000 \text{ кПа}$  и температуре  $47^\circ\text{C}$ . Необходимо повысить давление в процессе при постоянном объеме до  $2000 \text{ кПа}$ . Считать теплоемкость переменной величиной. Определите:

1. Температуру кислорода в конце процесса.
2. Теплоемкость газа (по термодинамической таблице).
3. Массу газа в сосуде.
4. Изменение энтропии в процессе.
5. Количество теплоты, которое нужно подвести в процессе.

**Задача 5.** В цилиндре двигателя объемом  $500 \text{ литров}$  находится воздух при избыточном манометрическом давлении  $3900 \text{ кПа}$  и температуре  $1500^\circ\text{C}$ . Барометрическое давление равно  $100 \text{ кПа}$ . От воздуха отнимается некоторое количество теплоты при постоянном давлении до температуры  $200^\circ\text{C}$ . Определите:

1. Массу воздуха в цилиндре двигателя.
2. Конечный объем воздуха.
3. Изменение внутренней энергии.
4. Количество отнятой теплоты в процессе.

5. Работу сжатия газа.

**Задача 6.** В компрессор газотурбинной установки входит 5 кг воздуха с начальными параметрами: давлением 100 кПа, температурой 27<sup>0</sup>С. Воздух сжимается адиабатно до давления 4000 кПа. Показатель адиабаты считать равным 1,4. Определите:

1. Начальный и конечный объемы газа.
2. Конечную температуру воздуха.
3. Работу сжатия воздуха.
4. Изменение внутренней энергии воздуха.
5. Изменение энтропии в процессе.

**Задача 7.** Кислород массой 5 кг при начальных давлении 2000 кПа и температуре 427<sup>0</sup>С расширяется по политропе до давления 100 кПа и конечной температуры 27<sup>0</sup>С. Определите:

1. Показатель политропы.
2. Начальный и конечный объемы кислорода в процессе.
3. Количество теплоты, участвующее в процессе.
4. Изменение внутренней энергии кислорода.
5. Изменение энтропии в процессе.

**Задача 8.** В закрытом сосуде объемом 0,6 м<sup>3</sup> содержится воздух при давлении 0,5 МПа и температуре 20<sup>0</sup>С. В результате охлаждения сосуда воздух, содержащийся в нем, теряет 105 КДж теплоты. Принимая теплоемкость воздуха постоянной величиной. Определите:

1. Теплоемкость воздуха.
2. Массу воздуха в сосуде.
3. Температуру газа в конце процесса.
4. Давление воздуха в конце процесса.
5. Изменение внутренней энергии воздуха в процессе охлаждения.

**Задача 9.** При постоянной теплоемкости подводят тепло к сосуду объемом 50 литров. Начальные температура и давление соответственно равны 17<sup>0</sup>С и 200 кПа, конечная температура равна 1027<sup>0</sup>С, конечное давление 1200 кПа. Определите:

1. Среднеинтегральную температуру в процессе.
2. Теплоемкость кислорода.
3. Изменение энтропии в процессе.
4. Массу кислорода в сосуде.
5. Подведенное количество теплоты в данном процессе.

**Задача 10.** Температура продуктов сгорания в топке равна 1827<sup>0</sup>С. Теплотворная способность мазута  $Q^p_n$  42000 кДж/кг. В котельной установке вырабатывается пар с температурой 557<sup>0</sup>С. Температура окружающей среды равна 27<sup>0</sup>С. Определите:

1. Эксергию продуктов сгорания.
2. Эксергию вырабатываемого пара.
3. Эксергический КПД топочных газов в котельной установке.
4. Удельную теплоту вырабатываемого водяного пара.
5. Изменение энтропии в процессе сгорания топлива.

**Задача 11.** В паронагревателе вырабатывается влажный пар в количестве 50 кг/час. Параметры пара на входе:  $p_1=8$  МПа и  $x_1=0,95$ ; на выходе:  $p_2= 8$  МПа,  $t_2=500$  <sup>0</sup>С. Определите:

1. Объем вырабатываемого пара в час.
2. Объем влажного пара, получаемого в паронагревателе.

3. Теплоту парообразования и удельную энтальпию воды в данных условиях (по термодинамическим таблицам).
4. Энтальпию вырабатываемого пара.
5. Количество теплоты, получаемое в процессе парообразования.

### **База типовых тестовых заданий для экзамена**

(полная база тестовых заданий хранится на кафедре и в центре тестирования)

#### **1. Укажите правильный ответ**

**ОБЪЕМНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ - ЭТО**

1. произведение удельной теплоемкости вещества на его молярную массу
2. отношение теплоемкости однородного тела к его массе при постоянном объеме
3. отношение теплоемкости рабочего тела к его объему
4. отношение элементарного количества теплоты к изменению температуры при постоянном объеме
5. теплоемкость вещества при постоянном объеме

#### **2. Установите соответствия**

**ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕГО ТЕЛА ПРИ ДРОССЕЛИРОВАНИИ В ОТВЕРСТИИ МЕНЯЮТСЯ СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ**

ПАРАМЕТР	ИЗМЕНЕНИЕ
работоспособность	не меняется
скорость потока	увеличивается
давление	уменьшается
энтропия	
температура	

#### **3. Укажите правильные ответы**

**ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КОМПРЕССОРА - ОПРЕДЕЛЕНИЕ**

1. затрачиваемой удельной работы на получение сжатого газа
2. минимального давления, до которого может быть сжат газ
3. максимальной температуры сжатия газа
4. мощности приводного двигателя
5. охлаждающего агента для повышения КПД компрессора
6. минимальной температуры сжатия газа
7. максимального давления, до которого может быть сжат газ
8. теплоты, отводимой стенками компрессора

#### **4. Выберите правильный ответ из списка**

**ТЕРМИЧЕСКИЙ КПД ПРОИЗВОЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ЦИКЛА (всегда больше, больше или равен, всегда меньше, никогда не равен, меньше или равен) \_\_\_\_\_**  
**КПД ЦИКЛА КАРНО.**

#### **5. Составьте определение понятия**

**ПАР – ЭТО**

- газообразное
- тело

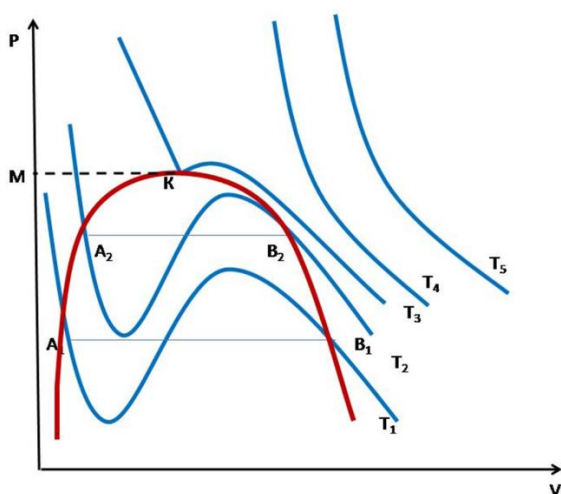
- в состоянии
- близком
- соответствующем
- кипящей
- испаряющейся
- сублимирующейся
- жидкости
- к

**6. Впишите цифрами правильный ответ**

ВО СКОЛЬКО РАЗ ТЕМПЕРАТУРА ИНВЕРСИИ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ, ПОДЧИНЯЮЩИХСЯ УРАВНЕНИЮ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА, ПРИ  $P=0$  ВЫШЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ \_\_\_\_\_

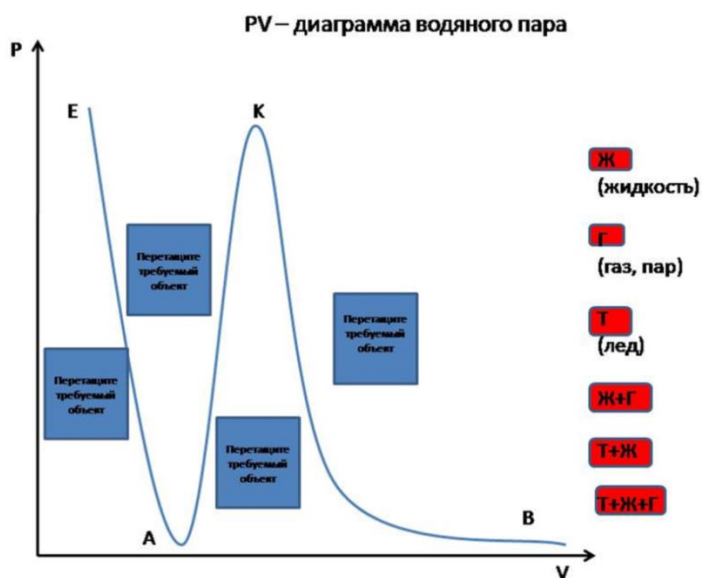
**7. Отметьте на иллюстрации требуемый объект**

ОТМЕТЬТЕ ОБЛАСТЬ ВЛАЖНОГО ПАРА



**8. Переместите в закрашенный прямоугольник нужный объект**

РАССТАВЬТЕ ФАЗЫ НА ПРИВЕДЕННОЙ ДИАГРАММЕ



**9. Укажите правильный ответ**

ПАРЦИАЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ГАЗА НАЗЫВАЮТ



1. давление 1 моль газа
2. часть общего давления газовой смеси, которая приходится на долю данного газа
3. давление газа при нормальных условиях
4. давление, которым обладал бы газ, если бы при той же температуре занимал молярный объем

**10. Укажите правильный ответ**

ОБЪЕМНОЙ ДОЛЕЙ ГАЗА НАЗЫВАЕТСЯ

1. отношение объема смеси газов к массе каждого газа
2. отношение количества вещества каждого газа к объему смеси газов
3. отношение плотности каждого газа к массе смеси газов
4. отношение парциального объема каждого газа к общему объему смеси газов

**11. Укажите правильный ответ**

КАКАЯ ИЗ УКАЗАННЫХ СМЕСЕЙ ВСЕГДА ЛЕГЧЕ ВОЗДУХА

1. этилен и ацетилен
2. этан и водород
3. аммиак и кислород
4. гелий и аргон

**12. Укажите правильный ответ**

ПАРЦИАЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ ГАЗА НАЗЫВАЮТ

1. объем 1 моль газа
2. часть общего объема газовой смеси, которая приходится на долю данного газа
3. объем газа при нормальных условиях
4. объем, который занимал бы газ, если бы находился один при той же температуре и давлении, что и смесь газов

**13. Укажите правильный ответ**

МАССОВОЙ ДОЛЕЙ ГАЗА НАЗЫВАЕТСЯ

1. отношение массы смеси к массе каждого газа
2. отношение количества вещества каждого газа к массе смеси
3. отношение массы каждого газа к массе смеси
4. отношение парциального объема каждого газа к массе смеси

**14. Укажите правильный ответ**

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗА, ВХОДЯЩЕГО В СМЕСЬ, ЗАДАННОЕ ОБЪЕМНЫМИ ДОЛЯМИ, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК

1.  $P_i = P_{см} \cdot \varphi$
2.  $P_i = \frac{P_{см}}{\varphi}$
3.  $P_i = \varphi \cdot \omega$
4.  $P_i = \frac{P_{см}}{\omega}$

**15. Укажите правильный ответ**

СУММА МАССОВЫХ ДОЛЕЙ ГАЗОВ, ВХОДЯЩИХ В СМЕСЬ РАВНА

1. 100
2. 1
3. 10
4. 22,4

**16. Укажите правильный ответ**

ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

1.  $Q=(U_2 - U_1) + L$
2.  $Q=(U_2 - U_1) - L$
3.  $Q=(U_2 - U_1)$
4.  $L=(U_2 - U_1) + Q$

**17. Укажите правильный ответ**

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ МОЖНО СУДИТЬ ПО ИЗМЕНЕНИЮ

1. скорости движения молекул
2. температуры
3. объема
4. работы

**18. Укажите правильный ответ**

ТЕПЛОТА, СООБЩЕННАЯ ГАЗУ В НЕКОТОРОМ ПРОЦЕССЕ, В КОТОРОМ ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ГАЗА УМЕНЬШИЛАСЬ НА 300 ДЖ, А ГАЗ СОВЕРШИЛ РАБОТУ 500 ДЖ

1. 200 Дж
2. 300 Дж
3. 500 Дж
4. 800 Дж

**19. Укажите правильный ответ**

В СИСТЕМЕ ИЗ ДВУХ ТЕЛ ТЕПЛО ПЕРЕДАЁТСЯ

1. не передаётся
2. от более нагретого к менее нагретому
3. от менее нагретого к более нагретому
4. произвольно в любой момент времени

**20. Укажите правильный ответ**

СИСТЕМА, КОТОРАЯ НЕ ОБМЕНИВАЕТСЯ С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ НИ ЭНЕРГИЕЙ, НИ ВЕЩЕСТВОМ, НАЗЫВАЕТСЯ

1. изолированная система
2. теплоизолированная система
3. макросистема
4. неизолированная система

**21. Укажите правильный ответ**

РАСШИРЯЯСЬ, ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ ПЕРЕДАЛ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ 5 КДЖ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ГАЗА УМЕНЬШИЛАСЬ ПРИ ЭТОМ НА 20 КДЖ. КАКУЮ РАБОТУ СОВЕРШИЛ ГАЗ?

1. -25 кДж
2. 15 кДж
3. 25 кДж
4. -15 кДж

**22. Укажите правильный ответ**

МАКСИМАЛЬНАЯ ПОЛЕЗНАЯ РАБОТА СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ:

1. начальными параметрами рабочего тела
2. начальными параметрами рабочего тела и среды
3. начальными параметрами рабочего тела и путем проведения процесса
4. зависит только от пути проведения процесса

**23. Укажите правильный ответ**

**ВЛАЖНЫЙ ПАР - ЭТО**

1. термодинамическая система, состоящая из насыщенной жидкости и насыщенного пара
2. термодинамическая система, состоящая из насыщенной жидкости и перегретого пара
3. термодинамическая система, состоящая из воздуха и перегретого пара
4. термодинамическая система, состоящая из воздуха и насыщенного пара

**24. Укажите правильный ответ**

**ПО ОБРАТНОМУ ЦИКЛУ КАРНО РАБОТАЮТ**

1. двигатели внутреннего сгорания
2. паровые машины
3. холодильные машины
4. вечный двигатель второго рода

**25. Укажите правильный ответ**

**ДРОССЕЛЬ-ЭФФЕКТ - ЭТО**

1. отношение изменения температуры реального газа при его дросселировании к изменению давления в этом процессе
2. отношение изменения давления идеального газа при его дросселировании к изменению температуры данного газа
3. отношение изменения температуры идеального газа при его дросселировании к изменению давления в этом процессе
4. отношение изменения давления реального газа при его дросселировании к изменению температуры данного газа

**26. Укажите правильный ответ**

**ТЕРМИЧЕСКИЙ КПД ПРОИЗВОЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ЦИКЛА:**

1. всегда больше КПД цикла Карно
2. больше или равен КПД цикла Карно
3. меньше или равен КПД цикла Карно
4. всегда меньше КПД цикла Карно

**27. Укажите правильный ответ**

**ЭКСЕРГИЯ ТОПЛИВА - ЭТО**

1. суммарная химическая эксергия компонентов топлива
2. суммарная химическая эксергия компонентов топлива и эксергия теплоты, выделяющейся при сгорании топлива
3. реакционная эксергия компонентов топлива
4. эксергия теплоты, выделяющейся при сгорании топлива и реакционная эксергия компонентов топлива

**28. Укажите правильный ответ**

**РАБОТА КОМПРЕССОРА СКЛАДЫВАЕТСЯ ИЗ:**

1. работы всасывания газа, его сжатие, выталкивание и работы, получаемой при расширении газа, оставшегося во вредном пространстве
2. работы на всасывание газа, его сжатие и выталкивание
3. работы на сжатие газа и его выталкивание
4. работы на сжатие газа

**29. Укажите правильный ответ**

ЦИКЛ, В КОТОРОМ РАБОЧЕЕ ТЕЛО НЕ ПОДВЕРГАЕТСЯ ХИМИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ, НАЗЫВАЮТ:

1. прямым
2. обратным
3. обратимым
4. необратимым

**30. Укажите правильный ответ**

КАК МОЖЕТ ИЗМЕНЯТЬСЯ ТЕМПЕРАТУРА ВЕЩЕСТВА ПРИ ЕГО ДРОССЕЛИРОВАНИИ:

1. только уменьшаться
2. только увеличиваться
3. только остаться постоянной
4. увеличиваться, уменьшаться, остаться постоянной