

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор Т.Н. Александрова

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕПЛОТЕХНИКА

Уровень высшего образования:	Специалитет
Специальность:	21.05.04 «Горное дело»
Направленность (профиль):	«Обогащение полезных ископаемых»
Квалификация выпускника:	Горный инженер (специалист)
Форма обучения:	очная
Составитель:	доц. Николаева Н.В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Теплотехника» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО специалитет по специальности 21.05.04 «Горное дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 987 от 12 августа 2020 года
- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.04 «Горное дело» направленность (профиль) «Обогащение полезных ископаемых».

Составитель _____ к.т.н., доцент Николаева Н.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых от 02.02.2021 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., профессор Александрова Т.Н.

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ Дубровская Ю.А

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса _____ Романчиков А.Ю.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины формирование у студентов базовых знаний в области теплотехники, методов термодинамики для анализа физико-химических явлений, современных методов анализа и расчета термодинамических процессов и циклов идеального и реального газа с целью обеспечения надежной и эффективной работы обогатительного оборудования.

Основные задачи дисциплины:

- изучение термодинамических свойств веществ, методов расчета изменения термических и калорических параметров состояния в основных равновесных процессах и циклах;
- овладение термодинамическими методами анализа устойчивости состояния и направленности процессов в термодинамических системах, методами анализа и оптимизации газовых и паросиловых циклов;
- формирование представлений о методах прямого преобразования тепловой энергии в электрическую, о химической и неравновесной термодинамике.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теплотехника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.04 «Горное дело» и изучается в 7 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теплотехника» являются «Физика», «Высшая математика», «Химия» и др.

Дисциплина «Теплотехника» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Опробование минерального сырья», «Исследование руд на обогатимость» и ряда специальных дисциплин, в которых рассматриваются процессы и аппараты, специфичные для данного направления подготовки.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Теплотехника» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при проектировании, строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности объектов, производить их расчет на прочность, устойчивость и деформируемость, выби-	ПКС-3	ПКС-3.1 Знать взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при проектировании, строительстве и реконструкции с учетом требований. ПКС-3.2 Уметь анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов, проверять соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и нормативно-техническим документам. ПКС-3.3 Владеть практическими навыками анализа и оптимизации структуры, взаимосвязи, функцио-

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
рать материалы для инженерных конструкций подземных и горно-технических зданий и сооружений на поверхности		нального назначения комплексов по переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности.
Способен корректировать существующую технологию обогащения полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований	ПКС-7	<p>ПКС-7.1 Знать технологию обогащения основных видов полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых.</p> <p>ПКС-7.2 Уметь применять технологию обогащения основных видов полезных ископаемых.</p> <p>ПКС-7.3 Владеть выбора технологии обогащения основных видов полезных ископаемых.</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		6
Аудиторная работа, в том числе:	68	68
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	40	40
Подготовка к лекциям	4	4
Подготовка к практическим занятиям	18	18
Подготовка к лабораторным работам	18	18
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э (36)	Э (36)
Общая трудоёмкость дисциплины		
ак. час.	144	144
зач. ед.	4	4

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные и практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента,
Раздел 1. Термодинамические свойства газа, жидкости и пара	48	12	8	8	20
Раздел 2. Тепло- и массоперенос	44	12	8	8	16
Раздел 3. Основы химической термодинамики	16	10	1	1	4
Итого:	108	34	17	7	40

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Термодинамические свойства газа, жидкости и пара	Испарение и кипение жидкости. Фазовая диаграмма. Тройная точка. Процесс парообразования и его изображение в системе координат $p-v$. Удельная энтальпия жидкости и пара. Диаграмма T_s для водяного пара. Диаграмма i_s для водяного пара. Процесс дросселирования пара. Влажный газ (парогазовая смесь). Экстенсивные свойства влажного воздуха и особенности процессов изменения его состояния. Диаграмма Id для влажного воздуха. Диаграмма Is для влажного воздуха.	12
2	Тепло- и массоперенос	Физические основы передачи теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Краевые условия. Передача теплоты теплопроводностью через стенку. Теплопередача через стенку. Теплопроводность при нестационарном режиме. Обобщенные переменные процессы нестационарной теплопроводности. Нагрев и охлаждение тел при граничных условиях I рода. Конвективный теплообмен. Математическое описание конвективного теплообмена. Теплоотдача при свободной конвекции. Теоретическое уравнение, описывающее процесс естественной конвекции на вертикальной пластине. Экспериментальные уравнения конвективного теплообмена в большом объеме. Теплоотдача при вынужденной конвекции. Теплоотдача при движении потоков в каналах. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Уравнения конвективного массопереноса. Критериальные уравнения	12

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		массопереноса. Модели массопереноса . Методы расчета процессов массопереноса. Теплообмен излучением. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы излучения реальных тел. Методы расчета теплообмена излучением. Теплообмен излучением при наличии экранов. Теплоотдача при конденсации пара.	
3	Основы химической термодинамики	Термохимия. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы. Тепловой закон Нернста	10
Итого:			34

4.2.3. Практические занятия

№	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	1	1 начало термодинамики	4
2		2 начало термодинамики	4
3	2	Термодинамика процесса сушки	4
		Термодинамика процесса обжига	4
4	3	Термодинамика химических реакций	1
Итого:			17

4.2.4. Лабораторные работы

№	Раздел	Наименования лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	1	Влажность воздуха и свойства насыщенных паров	4
2	1	Определение удельной теплоемкости воды и металла	4
3	2	Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом трубы	2
4	2	Определение средней массовой изобарной теплоемкости воздуха	2
5	2	Определение коэффициента излучения и степени черноты тела	4
6	3	Термодинамика процесса выщелачивания	1
Итого:			17

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Лабораторные работы. Цели лабораторных работ:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой на технологическом оборудовании.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

6.1.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Термодинамические свойства газа, жидкости и пара.

1. Основной задачей технической термодинамики является?
2. Физическая, или общая, термодинамика исследует?
3. Термодинамическая система – это?
4. Если система не обменивается с другими системами или с окружающей средой ни энергией, ни веществом, то она называется?
5. Система, в которой происходит обмен веществом и энергией с другими системами или с окружающей средой, называется?
6. Что такое фаза?
7. Фазовый переход – это?
8. Фазовые переходы бывают?
9. Фазовое равновесие – это?
10. Правило фаз Гиббса.

Раздел 2. Тепло- и массоперенос.

1. Модели массопереноса.
2. Основные методы расчета процессов массопереноса.
3. Законы излучения абсолютно черного тела.
4. Метод сальдо-потоков.
5. Массообмен – это?
6. Перенос вещества внутри фазы или через границу раздела фаз происходит?
7. Граничные условия I рода.
8. Удельная теплота изотермического переноса?
9. На каком физическом явлении основан процесс передачи тепла теплопроводностью?
10. К какому виду теплообмена можно отнести процесс теплопередачи через твердую стенку?

Раздел 3. Основы химической термодинамики.

1. Что является предметом химической термодинамики?
2. Реакции, протекающие с выделением тепла – это?
3. Реакции, протекающие с поглощением тепла – это?
4. Практическое значение закона Нернста.
5. Повышение (или понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. Расскажите о теории теплорода.
2. Когда была предложена единица измерения теплоты – калория, и чему она равна?
3. Система, в которой не происходит обмен теплотой с другими системами или с окружающей средой, называется?
4. Система, внутри которой существуют поверхности раздела, называется?
5. Состояние, в которое приходит система, характеризующееся изменчивостью во времени термодинамических параметров, называется?
6. Если совокупность прямого и обратного процессов вызывает изменения в окружающей среде, то такой процесс называется?
7. Закон Дальтона определяет, что?
8. Уравнение состояния -это?
9. Что является обязательным условием подвода (или отвода) теплоты?
10. Равновесное состояние какого газа описывается уравнением Клапейрона?
11. На диаграмме состояний, каковой является диаграмма p_v , какой процесс может быть изображен?
12. На что расходуется удельная теплота, подведенная извне к рабочему телу?
13. Чему равна разность между полученной извне теплотой и отданной внешним телам работой?
14. В технической термодинамике теплота процесса $Q_{1,2}$ считается положительной, если энергия
15. В формуле Майера $c_p - c_v = R$, величины c_p , c_v и R представляют соответственно?
16. Убыль внутренней энергии при совершении термодинамическим телом работы всегда имеет место?
17. В изобарно-изотермическом неравновесном процессе энергия Гиббса в состоянии термодинамического равновесия?
18. Сжатие рабочего тела в цикле Карно осуществляется?
19. Что такое дросселирование?
20. На каком физическом явлении основан процесс передачи тепла теплопроводностью?
21. Массоотдача - это?
22. Массопередача - это?
23. Потенциал – это?
24. Изменение энергии Гиббса ΔG в процессе определяет?
25. Как протекает процесс при $\Delta H < 0$ и $\Delta S > 0$?
26. Назовите параметры состояния тела.
27. Назовите интенсивные параметры термодинамической системы.
28. Назовите экстенсивные параметры системы.
29. Какие температурные шкалы относятся к термодинамическим?
30. Состояние влажного насыщенного пара определяется его давлением или температурой и степенью сухости x . Какому значению x соответствует состояние воды в момент закипания?

31. Какие параметры процесса и константы входят в уравнение для определения величины теплового потока (Q), передаваемого от стенки к жидкости посредством конвективного теплообмена?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

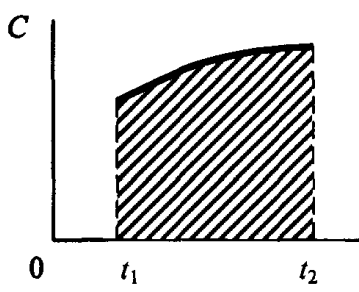
Вариант №1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Основной задачей технической термодинамики является	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение путей использования теплоты в технике. 2. Изучение динамических процессов в технических устройствах. 3. Изучение зависимости между температурой и физическими свойствами технических устройств. 4. Изучение закономерностей превращения теплоты в работу.
2.	Если система не обменивается с другими системами или с окружающей средой ни энергией, ни веществом, то она называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закрытой. 2. Открытой. 3. Изолированной. 4. Равновесной.
3.	Система, в которой происходит обмен веществом и энергией с другими системами или с окружающей средой, называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Открытой. 2. Закрытой. 3. Изолированной. 4. Равновесной.
4.	Система, в которой не происходит обмен теплотой с другими системами или с окружающей средой, называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закрытой. 2. Адиабатной. 3. Изолированной. 4. Открытой.
5.	Система, внутри которой существуют поверхности раздела, называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гомогенной. 2. Обратимой. 3. Необратимой. 4. Гетерогенной.
6.	Состояние, в которое приходит система, характеризующее изменчивостью во времени термодинамических параметров, называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закрытым. 2. Изолированным. 3. Открытым 4. Неравновесным.
7.	Если совокупность прямого и обратного процессов вызывает изменения в окружающей среде, то такой процесс называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гомогенный. 2. Гетерогенный. 3. Необратимый. 4. Обратимый.
8.	Процесс, в котором происходит превращение теплоты в работу или передача энергии от тел с меньшим потенциалом к	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стационарным. 2. Несамостоятельным. 3. Нестационарным. 4. Самостоятельным.

№	Вопросы	Варианты ответов
	телам с большим потенциалом, называется	
9.	Состояние системы, в которой распределение значений параметров не меняется во времени, называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стационарным. 2. Нестационарным. 3. Самопроизвольным. 4. Несамостоятельным.
10.	Параметрами состояния тела называют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Любые произвольные параметры. 2. Временные параметры. 3. Геометрические параметры. 4. Величины, характеризующие тело в данном состоянии.
11.	Интенсивными параметрами термодинамической системы являются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. T, p, v, s. 2. T, p, U, S. 3. s, u, Q, L. 4. t, p, V, i.
12.	Экстенсивными параметрами системы являются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. T, p, v, i. 2. V, U, I, S. 3. T, p, U, S. 4. s, u, Q, L.
13.	Величины удельного объема (v) и плотности (ρ) связаны друг с другом соотношением	<ol style="list-style-type: none"> 1. $v=\rho$. 2. $v^3 \cdot \rho=1$. 3. $v \cdot \rho=1$. 4. $v+\rho=1$.
14.	Величина плотности (ρ) в системе СИ имеет размерность	<ol style="list-style-type: none"> 1. [м/кг]. 2. [м²/кг]. 3. [м³/кг]. 4. [кг/м³].
15.	Величина удельного объема (v) в системе СИ имеет размерность	<ol style="list-style-type: none"> 1. [м/кг]. 2. [м²/кг]. 3. [кг/м³]. 4. [м³/кг].
16.	Укажите правильное соотношение между единицами измерения давления.	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 мм рт.ст.=1,33·10³ Па. 2. 1 мм рт.ст.=1,33·10² Па. 3. 1 мм рт.ст.=1,33·10⁻¹ Па. 4. 1 мм рт.ст.=1,33·10⁻² Па.
17.	Укажите правильное соотношение между единицами измерения давления.	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 кгс/м²=9,80665 Па. 2. 1 кгс/м²=980,665 Па. 3. 1 кгс/м²=9806,65 Па. 4. 1 кгс/м²=98066,5 Па.
18.	Давление (p) в системе СИ имеет размерность	<ol style="list-style-type: none"> 1. (Н·м). 2. (Н/м). 3. (Н/м²). 4. (Н/м³).
19.	Укажите правильное соотношение между единицами измерения давления.	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 атм (физ)=1,01325 Па. 2. 1 атм (физ)=101,325 Па. 3. 1 атм (физ)=1013,25 Па. 4. 1 атм (физ)=101325 Па.
20.	У какой температурной шкалы точка кипения во-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Шкала Кельвина. 2. Шкала Ренкина.

№	Вопросы	Варианты ответов
	ды равна $100^{\circ}X$? Здесь X - название шкалы	3. Шкала Реомюра. 4. Шкала Цельсия.

Вариант №2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	У какой температурной шкалы точка таяния льда равна $32^{\circ}X$? Здесь X - название шкалы	1. Шкала Кельвина. 2. Шкала Ренкина. 3. Шкала Реомюра. 4. Шкала Фаренгейта.
2.	У каких температурных шкал цена деления шкалы одинакова?	1. Шкалы Реомюра и Ренкина. 2. Шкалы Кельвина и Ренкина. 3. Шкалы Цельсия и Фаренгейта. 4. Шкалы Кельвина Цельсия.
3.	В изотермическом процессе теплоемкость газа равна	1. Нулю. 2. Единице. 3. Бесконечности. 4. Разности $n-k$, где n и k – соответственно, показатели политропы и адиабаты.
4.	Какие температурные шкалы относятся к термодинамическим?	1. Шкалы Реомюра и Ренкина. 2. Шкалы Кельвина и Ренкина. 3. Шкалы Кельвина и Цельсия. 4. Шкалы Цельсия и Фаренгейта.
5.	Функциями состояния термодинамической системы являются	1. Внутренняя энергия, теплота. 2. Энтальпия, работа. 3. Работа, теплота. 4. Внутренняя энергия, энтальпия.
6.	Функциями процесса термодинамической системы являются	1. Работа, теплота 2. Внутренняя энергия, теплота. 3. Энтальпия, работа. 4. Энтальпия, теплота.
7.	Абсолютное давление $p_{абс}$ связано с атмосферным давлением B и избыточным давлением $p_{ман}$ соотношением	1. $p_{абс} = p_{ман} - B$. 2. $p_{абс} = p_{ман} / B$. 3. $p_{абс} = p_{ман} + B$. 4. $p_{абс} = p_{ман} + 1/B$.
8.	Площадь под кривой, изображенной на графике, представляет собой (координаты графика c – истинная удельная теплоемкость газа, t – температура) 	1. Средняя удельная теплоемкость газа в интервале температур $t_1 - t_2$; 2. Количество теплоты, затрачиваемое на нагрев единицы массы газа в интервале температур $t_1 - t_2$; 3. Изменение внутренней энергии единицы массы газа в интервале $t_1 - t_2$; 4. Работа расширения единицы массы газа в интервале $t_1 - t_2$;

№	Вопросы	Варианты ответов
9.	Уравнение Клайперона для идеального газа имеет вид где: p -давление газа, V -объем газа, m -масса газа, R -удельная газовая постоянная.	<ol style="list-style-type: none"> $p/V=mRT$; $p/V=mR/T$; $pV=m/RT$; $pV=mRT$
10.	Закон Гей-Люссака имеет следующую математическую интерпретацию (где: p – давление, v – объем и T – температура)	<ol style="list-style-type: none"> $v/T=const$ (при $T=const$). $v/T=const$ (при $v=const$). $v/T=const$ (при $p=const$). $v/T=const$ (при $l=const$).
11.	Закон Бойля-Мариотта имеет следующую математическую интерпретацию (где: p – давление, v – объем и T – температура)	<ol style="list-style-type: none"> $p v=const$ (при $T=const$). $p v=const$ (при $p=const$). $p v=const$ (при $v=const$). $p v=const$ (при $l=const$).
12.	Нормальным условиям соответствует состояние газа при	<ol style="list-style-type: none"> $t=0^{\circ}C$, $p=10^5$ Па. $t=20^{\circ}C$, $p=750$ мм рт. ст. $t=20^{\circ}C$, $p=10^5$ Па. $t=0^{\circ}C$, $p=760$ мм рт. ст..
13.	Закон Дальтона пределяет, что	<ol style="list-style-type: none"> Температура отдельных компонентов газовой смеси одинакова. Плотность газовой смеси может быть определена по правилу аддитивности. Скорости движения отдельных компонентов газовой смеси одинаковы. Давление смеси газов равно сумме парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь.
14.	Если в уравнении политропы $p v^n=const$, величина $n \rightarrow \pm\infty$, процесс соответствует:	<ol style="list-style-type: none"> Изохорному процессу. Изобарному процессу. Изотермическому процессу. Адиабатному процессу.
15.	Уравнение Ван-дер-Ваальса имеет вид	<ol style="list-style-type: none"> $p=RT/(v-b)-a/v$. $p=RT/(v^2-b)-a/v$. $p=RT/(v-b)-a/v^2$. $p=RT-a/v^2$.
16.	Для учета нелинейной зависимости теплоемкости от температуры используется уравнение	<ol style="list-style-type: none"> $c=a+bt$. $c=a$. $c=a+0,5bt$. $c=a+bt+dt^2$.
17.	Для контактных смесителей уравнение динамики принимает вид:	<ol style="list-style-type: none"> $W(p) = \frac{C_2(p)}{C_1(p)} = e^{-\tau p}$. $W(p) = \frac{1}{Tp+1}$. $W(p) = \frac{1}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2)p + 1}$. $C_2(t) = C_1(t - \tau)$.

№	Вопросы	Варианты ответов
18.	Для каскада, состоящего из нескольких смесителей, передаточная функция имеет вид:	$1. W(p) = \frac{C_2(p)}{C_1(p)} = e^{-\tau}.$ $1. W(p) = \frac{1}{Tp+1}.$ $2. W(p) = \frac{1}{T_1T_2p^2 + (T_1+T_2)p+1}.$ $3. C_2(t) = C_1(t-\tau).$
19.	Какому типу частного термодинамического процесса соответствует уравнение $v_1/v_2 = T_1/T_2$?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изохорному. 2. Изобарному. 3. Изотермическому. 4. Адиабатному.
20.	Какому типу частного термодинамического процесса соответствует уравнение $q_{1,2} = C_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 - T_1)$ для изменения удельной теплоты?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изохорному. 2. Изобарному. 3. Изотермическому. 4. Адиабатному.

Вариант №3

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Какому типу частного термодинамического процесса соответствует уравнение $p_1/p_2 = T_2/T_1$?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изохорному. 2. Изобарному. 3. Адиабатному. 4. Изотермическому.
2.	Какому типу термодинамического процесса соответствует уравнение $T_2/T_1 = (v_1/v_2)^{k-1}$?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изохорному. 2. Изоэнтропийному. 3. Изобарному. 4. Изотермическому.
3.	Политропный процесс описывается уравнением:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $pV/(mT) = const$. 2. $v \cdot p^n = const$. 3. $T \cdot v^{1-n} = const$. 4. $T/p^{(n-1)/k} = const$.
4.	Адиабатный процесс описывается уравнением:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $pV/(mT) = const$. 2. $T \cdot v^{1-n} = const$. 3. $v \cdot p^n = const$. 4. $p \cdot v^k = const$.
5.	Какому уравнению диффузии соответствует диффузионное перемешивание:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\partial CV - dt D \oint \text{grad}_n C dS = 0$. 2. $C_1(t) = \frac{M}{Q} \frac{dC_2(t)}{dt} + C_2(t)$

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. $W(p) = \frac{1}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2)p + 1}$. 4. $\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right)$.
6.	Стационарный режим по воде требует выполнения условия:	1. $Q_{cm} = (1 - \alpha)Q_{of}$. 2. $Q_{вн} = Q_{oc} - Q_{исп}$. 3. $Q_{св} = Q_{of} - Q_{об}$. 4. $Q_{св} + Q_{вн} = Q_{cm}$.
7.	Формула $S_2 - S_1 = C_v \frac{n-k}{n-1} \ln(T_2/T_1)$ определяет изменение энтропии в :	1. Политропном процессе. 2. В изотермическом процессе. 3. В изохорном процессе. 4. В изобарном процессе..
8.	В формуле Майера $c_p - c_v = R$, величины c_p , c_v и R представляют, соответственно,	1. Молярные изобарная и изохорная теплоемкости и универсальная газовая постоянная. 2. Объемные изобарная и изохорная теплоемкости и универсальная газовая постоянная. 3. Молярные изобарная и изохорная теплоемкости и удельная газовая постоянная. 4. Массовые изобарная и изохорная теплоемкости и универсальная газовая постоянная.
9.	Показатель адиабаты k для идеальных двухатомных газов равен	1. $k=1,3$. 2. $k=1,34$. 3. $k=1,4$. 4. $k=1,6$.
10.	Показатель адиабаты k для идеальных трехатомных газов равен	1. $k=1,1$. 2. $k=1,33$. 3. $k=1,4$. 4. $k=1,5$.
11.	В выражении $u = (c - c_p)/(c - c_v)$ величина u представляет собой	1. Теплоемкость в политропном процессе. 2. Удельную газовую постоянную. 3. Показатель адиабаты. 4. Показатель политропы.
12.	Убыль внутренней энергии при совершении термодинамическим телом работы всегда имеет место	1. В изотермическом процессе. 2. В адиабатном процессе. 3. В изобарном процессе. 4. При снижении давления газа в процессе.
13.	Уравнение потока i -го компонента после очистки при условии, что обратная линия разомкнута, имеет вид:	1. $q_{iоб.вых} = k_{np}(q_{исв} + q_{iоб.вых})$. 2. $q_{iоб.вых} = \frac{k_{np}}{(1 - k_{np})q_{исв}}$. 3. $q_{iоб.вых}(p) = k_{np} W_{np}(p) q_{исв}(p)$. 4. $q_{iоб.вых} = \alpha k_i k_{идон} q_{исв}$.
14.	Основное уравнение нестационарных режимов имеет вид:	1. $q_{iоб.вых} = \alpha k_i k_{идон} q_{исв}$.

№	Вопросы	Варианты ответов
		2. $q_{\text{об.вых.}}(p) = \frac{k_{np} W_{np}(p)}{1 - k_{np} W_{np}(p)} q_{\text{исг.}}(p)$. 5. $q_{\text{об.вых.}} = k_{np} (q_{\text{исг.}} + q_{\text{об.вых.}})$. 6. $q_{\text{об.вых.}} = \frac{k_{np}}{(1 - k_{np}) q_{\text{исг.}}}$..
15.	Любая емкость, которая аккумулирует тепло, называется:	1. Контактный смеситель. 2. Идеальный смеситель. 3. Теплообменник. 4. Теплообменник с распределенными параметрами.
16.	Закон Стефана-Больцмана описывается выражением (σ – постоянная излучения; ϵ – степень черноты; c – коэффициент излучения; индекс «0» относится к абсолютно черному телу):	1. $E = \sigma_0 (T/100)^4$. 2. $E_0 = \epsilon T^4$. 3. $E_0 = \sigma_0 T^4$. 4. $E_0 = c_0 (T/100)^4$.
17.	На каком физическом явлении основан процесс передачи тепла теплопроводностью?	1. За счет распространения электромагнитных волн 2. За счет движения ионов от более нагретой к более холодной части тела 3. За счет движения атомов и молекул от более нагретой к более холодной части тела 4. За счет повышения интенсивности броуновского движения молекул
18.	Если плотность теплового потока выразить в ваттах на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$), то в каких единицах должна выражаться объемная мощность внутренних источников теплоты?	1. $\text{Вт}/\text{м}^3$. 2. $\text{Вт}/\text{м}^2$. 3. $\text{Вт}/\text{м}$. 4. Вт .
19.	Величина работы рассчитывается по формуле $l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$	1. В изохорном процессе. 2. В адиабатном процессе. 3. В общем случае политропного процесса. 4. В изобарном процессе.
20.	Работа расширения, определяемая формулой $l = R(T_2 - T_1)$, отвечает	1. Адиабатному процессу. 2. Изобарному процессу. 3. Общему случаю политропного процесса. 4. Изохорному процессу.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Теплотехника [Текст] : учеб. для вузов / [В. Н. Луканин и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - Изд. 7-е, испр. - М. : Высш. шк., 2009. - 671 с.
2. Термодинамика и кинетика технологических процессов на обогатительных фабриках : Учеб. пособие / Н.Н.Смирнова, Н.В. Николаева, В.Б.Кусков, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб. - 2013. - 71 с.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Теоретические основы теплотехники: теплотехнический эксперимент [Текст]: справочник / под общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МЭИ, 2001. - 564 с.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Александрова Т.Н. Обогащение полезных ископаемых. [Электронный ресурс]: учебник/ Кусков В.Б., Львов В.В., Николаева Н.В – Электрон. дан. РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», Заказ 503. С 144 (ISBN 978-5-94211-731-3), 2015, 530 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_s tatic_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=33%2E4%D1%8F73%2F%D0%9E%2D21%2D667610266<.>

2. Обогащение полезных ископаемых: учеб. пособие [Электронный ресурс]: / К.И. Лукина, В. П. Якушкин, А. Н. Муклакова. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 224 с. — (Высшее образование: Специалитет).

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=561064>

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. www.consultant.ru

2. ЭБС издательского центра «Лань». <http://e.lanbook.com/>

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com <http://znanium.com/>

4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>

5. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор» (ЭБС IPRbooks) <http://www.bibliocomplectator.ru/>

6. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ www.biblio-online.ru

7. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт». <http://rucont.ru/>

8. ООО Научная электронная библиотека. Интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования. (Включает РИНЦ-библиографическая база данных публикаций российских авторов и SCIENCE INDEX- информационно - аналитическая система, позволяющая проводить аналитические и статистические исследования публикационной активности российских ученых и научных организаций). <http://elibrary.ru/>

9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).

10. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>).

11. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий и лабораторных работ.

Лекции. 64 посадочных места. Мобильный интерактивный комплекс. Компьютерные комплектующие.

Лабораторные работы. Анализатор ситовой вибрационный ВП30Т — Лабораторный магнитный сепаратор ЭРГА БСМ-ВП 200х200/Т3664

Лабораторный валковый магнитный сепаратор ЭРГА СМВИ-1ЛМ 240х220/Т4503 Лабораторная флотационная машина ФМП-Л 0,3 (базовый комплект). Дробилка щековая лабораторная ДЩ 60х100М. Щековая дробилка JS6. Планетарная мельница ВМ6. Ротационный делитель RSD200. Цилиндр мерный 2000 мл. Сухожаровой шкафа Binder FD115. Настольный рН-метр Ohaus Starter.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета. Лицензионное программное обеспечение.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11. Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

Microsoft Windows 10 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).