

**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 М.К. Рогачев**

---

**Проректор по образовательной  
деятельности  
Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»
<b>Направленность (профиль):</b>	Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	асс. Чуркин И.С.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Термодинамика и теплопередача» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «21.03.01 Нефтегазовое дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 96 от 09.02.2018 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «21.03.01 «Нефтегазовое дело» направленность (профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., ассистент Чуркин И.С.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехники и теплоэнергетики от «20» января 2021 г., протокол № 6.**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент В.А.Лебедев

**Рабочая программа согласована:**

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

Начальник отдела методического  
обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Романчиков А.Ю.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- получение знаний фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов;
- получение представлений о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах, системах и агрегатах и показателях эффективности и экономичности их работы;
- приобретение студентами знаний по теории процессов теплообмена;
- приобретение знаний об основных физических свойствах жидкостей и газов, общих законах и уравнениях статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенностях физического и математического моделирования течений идеальных и реальных несжимаемых и сжимаемых жидкостей.

Основные задачи дисциплины:

- овладение основными понятиями, терминологией, законами технической термодинамики и теплопередачи;
- изучение основных процессов, протекающих в тепловых машинах;
- приобретение навыков расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел, тепло- и энергоносителей;
- овладение методами расчетов процессов теплообмена при эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» направленность (профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти» и изучается в 6 семестре.

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

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1	ОПК-1.1. Умеет использовать основные законы дисциплин инженерно-механического модуля ОПК-1.2. Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		6
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Подготовка к семинарским занятиям	-	-
Подготовка к практическим занятиям	21	21
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>	<b>36(Э)</b>	<b>36(Э)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 4.2 Содержание дисциплины

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

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
1.	Основы термодинамики	25	12	6	-	7
2.	Тепломассообмен	25	12	6	-	7
3.	Гидрогазодинамика	22	10	5	-	7
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>17</b>		<b>21</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Основы термодинамики	Термодинамическая система и ее взаимодействие с окружающей средой. Параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Законы идеальных газов. Термодинамический процесс. Газы и газовые смеси, уравнение состояния Клапейрона-Менделеева. Теплоемкость. Работа, теплота, внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. P-V и T-S диаграммы. Уравнение первого закона для потока	12

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>рабочего тела. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.</p> <p>Реальные газы, водяной пар, P-V , T-S, H-S диаграммы водяного пара. Параметры влажного пара. Процессы в реальных газах и парах. Истечение газов и паров.</p> <p>Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Тепловые процессы в двигателях. Энергетический баланс ДВС. Особенности рабочих процессов в двигателях, работающих на газообразном топливе. Циклы газотурбинных установок (ГТУ).</p>	
2.	Тепломассообмен	<p>Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Теплопроводность при стационарном режиме плоской и цилиндрической стенок. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его зависимость от различных факторов. Основы теории подобия. Опытное и расчетное определение коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении и конденсации жидкости. Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение газов.</p> <p>Теплопередача. Уравнение и коэффициент теплопередачи. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов.</p>	12
3.	Гидрогазодинамика	<p>Физические свойства жидкостей. Гидростатика. Давление жидкости на стенки. Определения кинематики жидкости. Уравнение неразрывности. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли. Измерение полного напора, трубка Пито. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расходомер. Кавитация. Гидравлические сопротивления, расчет трубопроводов. Гидравлический удар в трубах. Уравнение количества движения. Потери напора по длине трубы. Местные сопротивления. Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар в трубах.</p> <p>Адиабатные соотношения. Скорость звука, число Маха. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость газа. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лавалья. Параметры изоэнтропического торможения газа. Истечение газа. Безвихревое и вихревое течение. Циклонные аппараты. Функция тока. Потенциал скорости. Циркуляция скорости, подъемная сила крыла. Влияние вязкости. Критерии подобия, моделирование в гидрогазодинамике. Пограничный слой, его расчет. Отрыв</p>	10

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		пограничного слоя, сопротивление при отрывном обтекании. Крыло и лопаточная решетка в газовом потоке. Распыливание жидкостей. Диффузоры. Эжекторы.	
		<b>Итого:</b>	<b>34</b>

#### 4.2.3. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость ак. часах
1	1-й раздел	Определение параметров смеси идеальных газов.	2
2		Расчет термодинамических функций	2
3		Определение КПД циклов ДВС с различными способами подвода теплоты	2
4	2-й раздел	Расчет теплопередачи через плоскую стенку	2
5		Расчет лучистого теплообмена между телами	2
6		Тепловой расчет теплообменника	2
7	3-й раздел	Расчет давления жидкости на стенки	2
8		Гидравлический расчет трубопроводов, расходомеров, гидродара	2
9		Расчет истечения газа через сопла	1
		<b>Итого:</b>	<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Не предусмотрены учебным планом

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Не предусмотрены учебным планом

### 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.

**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**

#### **Раздел 1. Основы термодинамики**

1. Уравнение состояния газа.
2. Первый закон термодинамики.
3. Термодинамические процессы.
4. Второй закон термодинамики.
5. Термодинамические циклы тепловых машин.

#### **Раздел 2. Тепломассообмен**

1. Виды теплообмена.
2. Закон теплопроводности.
3. Конвективный теплообмен.
4. Теплопередача.
5. Лучистый теплообмен.
6. Виды теплообменников и их расчет.

#### **Раздел 3. Гидрогазодинамика**

1. Физические свойства жидкостей.
2. Гидростатическое давление.
3. Уравнение Бернулли.
4. Гидравлический удар и явление кавитации.
5. Принципы работы гидромашин.
6. Уравнение кинетики движения газов.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену (по дисциплине):**

1. Параметры состояния – температура, давление, удельный объем.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Термодинамический процесс.
4. Функции состояния – внутренняя энергия, работа расширения, теплота.
5. Теплоемкость газов.

6. Первый закон термодинамики.
7. Смеси газов, задание состава смеси массовыми и объемными долями.
8. Энтропия.
9. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.
10. Термодинамические диаграммы.
11. Обратимые и необратимые процессы.
12. Второй закон термодинамики.
13. Цикл быстрого сгорания (карбюраторного ДВС).
14. Цикл медленного сгорания (дизеля), цикл смешанного сгорания.
15. Цикл газотурбинной установки.
16. Закон Фурье. Температурное поле. Градиент температуры. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Тепловой поток.
17. Граничные условия. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.
18. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок.
19. Регулирование интенсивности теплопередачи.
20. Нестационарная теплопроводность.
21. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
22. Режимы движения жидкости. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.
23. Основы теории подобия. Критериальные уравнения, обобщение опытных данных на основе теории подобия.
24. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Теплоотдача при кипении и конденсации.
25. Законы теплового излучения.
26. Лучистый теплообмен между телами, экранирование. Излучение газов и паров.
27. Процессы сложного теплообмена.
28. Типы теплообменных аппаратов.
29. Расчетные уравнения рекуперативных аппаратов.
30. Конструкторский и поверочный расчеты теплообменных аппаратов.
31. Физические свойства жидкостей.
32. Гидростатика. Давление жидкости на стенки.
33. Уравнение Бернулли.
34. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расходомер.
35. Кавитация. Гидравлический удар в трубах.
36. Гидравлические сопротивления.
37. Гидравлический расчет трубопроводов.
38. Скорость звука в газе, число Маха.
39. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость газа.
40. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лавалья.
41. Безвихревое и вихревое течение. Циклонные аппараты.
42. Критерии подобия, моделирование в гидрогазодинамике.
43. Пограничный слой, его расчет. Отрыв пограничного слоя, сопротивление при отрывном обтекании.
44. Распыливание жидкостей. Диффузоры. Эжекторы.



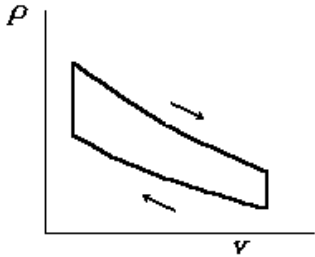
**6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену  
Вариант 1.**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Избыточное давление в технике измеряется ...	1. Тягомером 2. Силомером 3. Тонометром 4. Манометром
2.	Уравнение Клапейрона имеет вид ...	1. $pV=RT$ 2. $vR = pT$ 3. $Rp = vT$ 4. $Rt = pv$
3.	Теплоемкость равна ...	1. теплоте, необходимой для нагрева тела на два градуса 2. теплоте, необходимой для нагрева тела на пять градусов 3. теплоте, необходимой для нагрева тела на десять градусов 4. теплоте, необходимой для нагрева тела на один градус
4.	Формула Майера имеет вид...	1. $R = c_v - c_p$ 2. $R = c_p + c_v$ 3. $R = c_p - c_v$ 4. $c_p = c_v - R$
5.	Закону Бойля - Мариотта соответствует соотношение:	1. $p_1/p_2 = v_2/v_1$ 2. $p_1/p_2 = T_1/T_2$ 3. $p_1/p_2 = v_1/v_2$ 4. $v_1/v_2 = T_1/T_2$
6.	1-й закон термодинамики имеет всеобщий характер (т.е. проявляется без исключений) и называется ...	1. законом сохранения и превращения энергии 2. законом превращения теплоты в работу 3. законом сохранения теплоты 4. законом превращения работы в теплоту
7.	К формам передачи энергии относятся ...	1. работа и торможение 2. нагрев и охлаждение 3. разогрев и пуск 4. теплота и работа
8.	Адиабатный процесс происходит ...	1. при постоянном давлении 2. при постоянном объеме 3. при постоянной работе 4. без подвода и отвода теплоты
9.	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ характеризует...	1. Способность тела выравнять температуру 2. Скорость изменения температуры в теле 3. Способность тела проводить теплоту 4. Мету тепловой инерционности тела
10.	Какие вещества из перечисленных имеют наименьший коэффициент теплопроводности?	1. Металлы 2. Жидкости 3. Теплоизоляторы 4. Газы

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	По какому закону изменяется температура по толщине плоской стенки?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Параболическому</li> <li>2. Линейному</li> <li>3. Логарифмическому</li> <li>4. Гиперболическому</li> </ol>
12.	Укажите физический смысл коэффициента теплоотдачи $\alpha$ .	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способность тела проводить теплоту</li> <li>2. Интенсивность теплообмена между поверхностью и омывающей средой</li> <li>3. Способность выравнивать температуру</li> <li>4. Скорость изменения температуры</li> </ol>
13.	Каким выражением определяется полный тепловой поток (закон Ньютона-Рихмана) в процессах конвективного теплообмена?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\alpha F(t_{ст} - t_{ж})</math></li> <li>2. <math>\lambda F(t_{ст} - t_{ж})</math></li> <li>3. <math>\kappa F(t_{ж1} - t_{ж2})</math></li> <li>4. <math>\kappa(t_{ж1} - t_{ж2})</math></li> </ol>
14.	Дать определение кризиса теплообмена первого рода.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Образование пузырьков пара на нагреваемой поверхности</li> <li>2. Интенсивное образование паровой фазы</li> <li>3. Переход от пузырькового кипения к пленочному</li> <li>4. Кипение на стенке со слоем накипи с низкой теплопроводностью</li> </ol>
15.	Вязкость это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. свойство, характеризующее инерционные качества жидкости</li> <li>2. свойство жидкостей оказывать сопротивление сдвигающим усилиям</li> <li>3. свойство жидкости не изменять объем при изменении давления</li> <li>4. свойство, проявляющееся в следствие притяжения между молекулами</li> </ol>
16.	Уравнение Бернулли выражает закон сохранения ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. массы</li> <li>2. количества движения</li> <li>3. энергии</li> <li>4. момента количества движения</li> </ol>
17.	Гидравлический удар в трубах это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. заполнение трубопровода жидкостью</li> <li>2. выделение из жидкости растворенного воздуха</li> <li>3. холодное кипение жидкости при резком снижении давления</li> <li>4. резкое изменение давления при изменении скорости течения</li> </ol>
18.	Критическая скорость газа это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скорость газа на срезе сопла</li> <li>2. скорость газа, равная скорости звука в нем</li> <li>3. сверхзвуковая скорость газа</li> <li>4. дозвуковая скорость газа</li> </ol>
19.	Реальная жидкость отличается от идеальной свойством...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пластичности</li> <li>2. жесткости</li> <li>3. вязкости</li> <li>4. упругости</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
20.	Совокупность сопловой и рабочей решеток называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. конфузором</li> <li>2. диффузором</li> <li>3. ступенью турбомашинны</li> <li>4. активной решеткой</li> </ol>

**Вариант 2.**

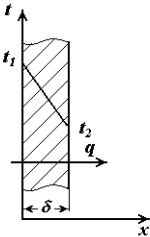
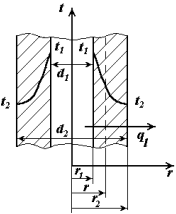
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Дросселирование газа (пара) это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. истечение газа через сопла</li> <li>2. понижение давления в местных сопротивлениях</li> <li>3. понижение температуры газа</li> <li>4. перемешивание газа</li> </ol>
2	По какому термодинамическому циклу работают ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. двигатели</li> <li>2. холодильные машины</li> <li>3. тепловые насосы</li> <li>4. компрессоры</li> </ol>
3	Цикл Карно состоит из следующих процессов:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. адиабатные – сжатия и расширения, изотермические – подвод и отвод теплоты</li> <li>2. адиабатные – сжатия и расширения, изобарные – подвод и отвод теплоты</li> <li>3. адиабатные – сжатия и расширения, изохорные – подвод и отвод теплоты</li> <li>4. политропные – сжатия и расширения, изотермические – подвод и отвод теплоты</li> </ol>
4	Показанная на рисунке $p-v$ -диаграмма цикла соответствует:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двигателю Тринклера</li> <li>2. Карбюраторному ДВС</li> <li>3. ГТУ</li> <li>4. ПТУ</li> </ol>
		
5	В каком случае термический КПД цикла Карно будет уменьшаться?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличение начальной температуры цикла</li> <li>2. уменьшение начальной температуры цикла</li> <li>3. уменьшение конечной температуры цикла</li> <li>4. увеличение разности энтропий</li> </ol>
6	Термический КПД теплового двигателя определяется отношением ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\eta_t = q_2 / l_{\text{ц}}</math></li> <li>2. <math>\eta_t = l_{\text{ц}} / q_1</math></li> <li>3. <math>\eta_t = q_2 / q_1</math></li> <li>4. <math>\eta_t = l_{\text{ц}} / q_2</math></li> </ol>

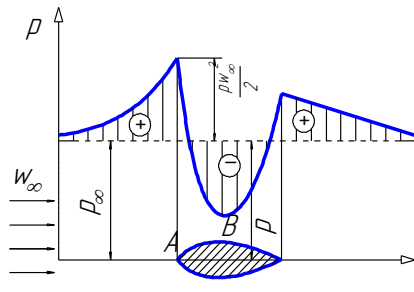
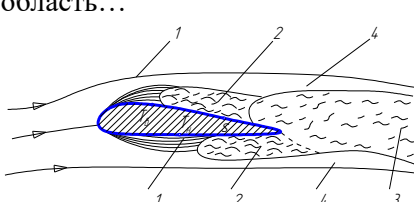
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
7	Почему термодинамическая эффективность цикла Дизеля выше, чем у цикла Отто?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дизельное топливо дешевле бензина</li> <li>2. Процесс подвода теплоты в цикле Дизеля происходит по изобаре, т.е. при более высокой средней <math>t</math></li> <li>3. В дизелях не нужна система зажигания</li> <li>4. Дизелю не угрожает детонация горючей смеси</li> </ol>
8	Какие тела имеют степень черноты $\varepsilon = 1$ ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Абсолютно белые</li> <li>2. Прозрачные</li> <li>3. Серые</li> <li>4. Абсолютно черные</li> </ol>
9	Какие тела используются для ослабления лучистого потока?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. С большой отражательной способностью</li> <li>2. С большой поглощательной способностью</li> <li>3. Серые</li> <li>4. С шероховатой поверхностью</li> </ol>
10	Дать определение коэффициента теплопередачи.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеризует перенос теплоты от жидкости к стенке</li> <li>2. Определяет интенсивность переноса теплоты от горячего теплоносителя к холодному</li> <li>3. Описывает перенос теплоты внутри тела</li> <li>4. Показывает способность теплоносителя аккумулировать теплоту</li> </ol>
11	Каким выражением определяется тепловой поток $Q$ при теплопередаче?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>kF(t_{ж1} - t_{ж2})</math></li> <li>2. <math>\alpha F(t_{ст} - t_{ж})</math></li> <li>3. <math>\varepsilon \sigma F T^4</math></li> <li>4. <math>\lambda F \Delta t</math></li> </ol>
12	Укажите выражение уравнения теплового баланса.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Q = Gc(t_1 - t_2)</math></li> <li>2. <math>Q = cF(t_1 - t_2)</math></li> <li>3. <math>Q = kF \Delta t</math></li> <li>4. <math>Q_1 = Q_2 + \Delta Q</math></li> </ol>
13	При какой схеме движения теплоносителей характерно показанное на рисунке распределение температур?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Противоток</li> <li>2. Прямоток</li> <li>3. Перекрестный ток</li> <li>4. Температуры не соответствуют схеме движения жидкости</li> </ol>
14	Указать выражение для определения поверхности рекуперативного теплообменного аппарата F?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{Q}{k \Delta t}</math></li> <li>2. <math>\frac{Q}{\alpha \Delta t}</math></li> <li>3. <math>\frac{Q}{\lambda \Delta t}</math></li> <li>4. <math>\frac{Q}{c \Delta t}</math></li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
15	Диффузоры используются для...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. постепенного увеличения скорости потока</li> <li>2. постепенного уменьшения скорости потока</li> <li>3. изменения направления потока</li> <li>4. резкого уменьшения давления потока</li> </ol>
16	Размерность динамического коэффициента вязкости...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Н/м<sup>2</sup></li> <li>2. Нс/м<sup>2</sup></li> <li>3. м<sup>2</sup>/с</li> <li>4. м/с<sup>2</sup></li> </ol>
17	Основное уравнение гидростатики...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p = p_0 + \rho g z</math></li> <li>2. <math>p = \lim (\Delta P / \Delta F)</math></li> <li>3. <math>f = -\mu F dw/dn</math></li> <li>4. <math>p v = RT</math></li> </ol>
18	Форма записи уравнения Бернулли имеет вид...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p = p_0 + \rho g z</math></li> <li>2. <math>dQ = w dF = \text{const}</math></li> <li>3. <math>w^2 / (2g) + p / (\rho g) + z = \text{const}</math></li> <li>4. <math>(\partial w_x / \partial x) + (\partial w_y / \partial y) + (\partial w_z / \partial z) = 0</math></li> </ol>
19	Потери напора принято измерять в долях скоростного напора по формуле Вейсбаха:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>h_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{w^2}{2g}</math></li> <li>2. <math>h_w = \frac{w^2}{2g}</math></li> <li>3. <math>h_w = \zeta \frac{w^2}{2g}</math></li> <li>4. <math>h_l = \frac{l}{D} \frac{w^2}{2g}</math></li> </ol>
20	Число Маха это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отношение скорости звука к скорости газа</li> <li>2. отношение возмущений давления к плотности</li> <li>3. отношение изменения параметров газа к скорости звука</li> <li>4. отношение скорости газа к скорости звука</li> </ol>

### Вариант 3.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Площадь под кривой процесса на $p v$ -диаграмме равна:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. внутренней энергии рабочего тела</li> <li>2. работе процесса</li> <li>3. энтальпии рабочего тела</li> <li>4. <math>c_v (T_2 - T_1)</math></li> </ol>
2	Площадь под кривой процесса на $T s$ -диаграмме равна:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. теплоемкости рабочего тела</li> <li>2. энтальпии рабочего тела.</li> <li>3. энтропии рабочего тела.</li> <li>4. теплоте процесса</li> </ol>
3	Элементарная работа расширения газа $dl$ определяется выражением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>c_p^* dt</math></li> <li>2. <math>p^* dv</math></li> <li>3. <math>c_v^* dt</math></li> <li>4. <math>T^* ds</math></li> </ol>
4	Содержание второго начала термодинамики соответствует	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>ds \leq dq/T</math></li> <li>2. <math>ds \geq dq/T</math></li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	соотношению:	3. $ds < dq/T$ 4. $ds = dq/T$
5	Какое тело подчиняется уравнению Ван-дер-Ваальса?	1. Идеальный газ 2. Реальный газ 3. Идеальная жидкость 4. Реальная жидкость
6	Температура, при которой жидкость закипает при данном давлении, называется температурой...	1. испарения 2. соответствия 3. пара 4. насыщения
7	Необратимый процесс протекания газа (пара) через местное сопротивление, в результате которого снижается давление газа без совершения им технической работы, называется...	1. идеальное истечение газа 2. протекание реального газа 3. дросселирование газа 4. критическое движение газа
8	В каких процессах конвективного теплообмена наблюдается наибольший коэффициент теплоотдачи $\alpha$ ?	1. Кипение в пузырьковом режиме 2. Теплоотдача при вынужденном движении 3. Пленочный режим кипения 4. Капельная конденсация пара
9	Что показано на рисунке? 	1. Теплопередача в плоской стенке 2. Теплопроводность цилиндрической стенки 3. Распределение температур в плоской стенке 4. Конвективный теплообмен
10	Что изображено на рисунке? 	1. Теплопроводность многослойной стенки 2. Теплопроводность плоской стенки 3. Теплопередача цилиндрической стенки 4. Теплопроводность цилиндрической стенки
11	Выбрать определение лучистого теплообмена:	1. Перенос теплоты электромагнитными волнами 2. Излучение в области длин волн видимого света 3. Перенос теплоты электромагнитными волнами с двойным преобразованием энергии – тепловой в лучистую и лучистой в тепловую 4. Перенос теплоты микрочастицами тела
12	Какой степени абсолютной температуры T твердого тела пропорциональна излучаемая энергия?	1. Первой 2. Второй 3. Третьей 4. Четвертой
13	Укажите выражение закона Стефана-Больцмана.	1. $E = \varepsilon C \left( \frac{T}{100} \right)^4$ 2. $E = Co \left( \frac{T}{100} \right)^4$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. $E = \varepsilon C \left( \frac{T}{100} \right)^3$ 4. $E = \varepsilon \left( \frac{T}{100} \right)^4$
14	Плотность теплового потока $q$ это...	1. Количество теплоты, проходящей за 1 сек. через 1 кв. м поверхности тела 2. Количество теплоты, проходящей через 1 кв.м изотермической поверхности тела 3. Общее количество теплоты, проходящей через 1 кв.м площади 4. Количество теплоты, проходящей за 1 сек
15	В случае обтекания тела несжимаемой жидкостью в точке В (смотри рис.) может появиться...	1. подъемная сила 2. кавитация 3. гидроудар 4. ударная волна
		
16	Согласно закона Паскаля давление внутри жидкости при изменении давления на поверхности жидкости ...	1. не изменится 2. будет пропорционально увеличиваться 3. изменится на ту же величину 4. будет пропорционально уменьшаться
17	Кавитация это...	1. выделение пузырьков растворенного воздуха 2. появление пузырьков пара на поверхности 3. переход течения в турбулентный режим 4. появление пузырьков пара в зоне пониженного давления и схлопывание в зоне повышенного
18	При отсутствии теплообмена с внешней средой температура покоящегося газа будет...	1. увеличиваться 2. уменьшатся 3. максимальной 4. минимальной
19	На рисунке цифрой 3 обозначена область...	1. турбулентного пограничного слоя 2. ламинарного пограничного слоя 3. внешнего потока 4. аэродинамического следа
		
20	Распыливание жидкости осуществляется с помощью...	1. форсунки 2. диффузора 3. компрессора 4. шланга

### 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 объеме 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, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные 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
0-49	Неудовлетворительно
50-65	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: учебник для вузов / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», В.В. Андреев, В.А. Лебедев, Б.И. Спесивцев, СПб, 2015. [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set\\_stati\\_c\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_urb=<.>I=31%2E31%2F%D0%90%2065%2D409490551<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_stati_c_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=31%2E31%2F%D0%90%2065%2D409490551<.>)

2. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 424 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472>

3. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818>



### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Теоретические основы теплотехники. Термодинамика [Текст] : учеб.-метод. комплекс / сост.: З. Ф. Каримов, Е. П. Павлов. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. - 261 с.

2. Теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Дресвянкин, В. Г. Лабейш, Е. П. Павлов. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 143 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set\\_statistic\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%2D548581<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_statistic_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D548581<.>)

### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Теплотехника [Текст] : учеб.-метод. комплекс / сост.: В. Г. Лабейш, Е. П. Павлов. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2008. - 210 с.

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set\\_statistic\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%9C%D0%2D20080917131528<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_statistic_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%9C%D0%2D20080917131528<.>)

2. Теплотехника [Текст] : учеб.-метод. комплекс / сост. В. В. Дембовский. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2010. - 101 с.

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set\\_statistic\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=10%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0101%2D271170<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_statistic_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=10%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0101%2D271170<.>)

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

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).

3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

<https://e.lanbook.com/books>.

7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.

8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).

9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

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

14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

#### Аудитории для проведения лекционных занятий.

155 посадочных мест

Скамья учебная – 155 шт., менделеевская аудитория – 1 шт., стол компьютерный – 3 шт., доска аудиторная маркерная – 3 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийная стойка с оборудованием – 1 шт., плазменная панель NEC – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2003, Microsoft Open License 16581753 от 03.07.2003, Microsoft Open License 16396212 от 15.05.2003, Microsoft Open License 16735777 от 22.08.2003, ГК № 797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 «На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения», ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 «На поставку программного обеспечения», Microsoft Open License 45369730 от 16.04.2009, Microsoft Office 2007 Standard: Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007, Kasperskyantivirus 6.0.4.142.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Компьютерный класс:

28 посадочных мест, комплект мультимедийной аудитории Тип 2 (возможность доступа к сети «Интернет») – 1 шт., стол компьютерный – 16 шт., стол – 2 шт., стул – 28 шт., компьютер для студентов – 18 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), принтер – 1 шт.

#### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. 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.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК № 797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

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)

### **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., стул – 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:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)
2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)
3. 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)