

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра машиностроения и транспорта**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

**Б1. В.ДВ.03.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Автомобили и автомобильное хозяйство**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости.....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	11
4.4 Практические занятия.....	11
4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа.....	11
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>12</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>13</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>13</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>14</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий.....	14
9.2 Методические указания по выполнению контрольной работы.....	16
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>16</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>16</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>17</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>20</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>21</b>

**1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**Вид деятельности выпускника**

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологической виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

**Цель дисциплины:**

– дать будущим специалистам автомобильного транспорта необходимые знания о методах получения, преобразования, передачи и использования теплоты в автомобильных агрегатах в такой степени, чтобы они могли выбирать и эксплуатировать необходимое теплотехническое оборудование в области автомобильного транспорта, обеспечивая максимальную экономию топливно-энергетических ресурсов и материалов, интенсификацию и оптимизацию технологических процессов, выявление и использование вторичных ресурсов.

**Задачи дисциплины:**

- формирование знаний теплотехнической терминологии, законов получения и преобразования энергии, методов анализа эффективности использования теплоты ;
- формирование знаний принципов действия, схем, областей применения и потенциальных возможностей основного теплотехнического и теплоэнергетического оборудования (двигатели с наддувом, радиаторы, отопители и др.);
- формирование умения экспериментально определять и теоретически рассчитывать характеристики теплового и теплоэнергетического оборудования, производить измерение основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности.

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенций</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ПК-9</b>	способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– законы термодинамики, действующие в теплотехнических устройствах автомобиля, термодинамические процессы и циклы, термодинамический анализ теплотехнических устройств; применения теплоты в отрасли;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять теплотехнические измерения параметров ТнТМО;</li> <li>– использовать законы термодинамики, действующие в теплотехнических устройствах автомобиля;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета основных термодинамических процессов, тепловых циклов двигателей внутреннего сгорания и тепловых устройств автомобиля, анализа их эффективности по исходным данным.</li> </ul>
<b>ОПК-3</b>	готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественно-научных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических про-	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; современную научную аппаратуру; основные физические явления; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами выполнения элементарных исследований</li> </ul>

	блем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов	в области профессиональной деятельности.
--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов» относится к элективной части.

Дисциплина «Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин «Физика», «Математика».

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, дисциплина «Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов» представляет основу для изучения дисциплины «Основы теории надёжности».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа,	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	2	-	180	18	6	-	12	153	кн	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			3
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	18	6	18
Лекции (Лк)	6	-	6
Практические занятия (ПР)	12	6	12
Контрольная работа*	+		+
Групповые (индивидуальные) консультации*	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	153	-	153

Подготовка к практическим занятиям	123	-	123
Подготовка к экзамену в течение семестра	10	-	10
Выполнение контрольной работы	20		20
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	9		9
Общая трудоемкость дисциплины ..... час. зач. ед.	180	-	180
	5	-	5

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся, и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом</b>	<b>86</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>80</b>
1.1.	Сравнение термодинамических циклов ДВС	24	2	4	18
1.2.	Цикл Стирлинга как перспективный цикл автомобильного двигателя	20	0	0	20
1.3	Газотурбинный двигатель как составная часть двигателя с наддувом	20	0	0	20
1.4	Автомобильный двигатель с наддувом	22	0	0	22
<b>2.</b>	<b>Расчёт компрессоров автомобиля</b>	<b>56</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>50</b>
2.1.	Многоступенчатый идеальный компрессор	30	2	4	24
2.2.	Компрессор как составная часть турбокомпрессора	26	-	-	26
<b>3.</b>	<b>Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля</b>	<b>29</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>23</b>
3.1.	Применение уравнений стационарной теплопроводности к аппаратам автомобиля.	17	2	4	11
3.2.	Теплообменники автомобиля	12	-	-	12
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>153</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом

#### Тема 1.1. Сравнение термодинамических циклов ДВС

Занятие проводится в интерактивной форме – компьютерная презентация. Сравняются 3 цикла: циклы Отто, Дизеля, Тринклера.

#### Условия сравнения:

а) значения  $P_1, V_1, T_1, \varepsilon$  одинаковы.

При таком условии сравнения диаграммы циклов выглядят так (см.рис.14).

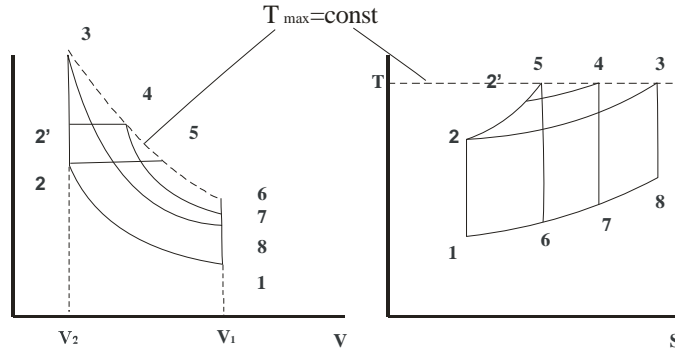


Рис. 14 – диаграммы циклов при 1 условии

Из диаграммы сравнения можно сделать вывод:  $T_{ДЗ} > T_{ТР} > T_{ОТ} \Rightarrow \eta_{от} > \eta_{тр} > \eta_{д}$ , а также  $P_{ОТ} > P_{ТР} > P_{Д}$ .

б) значения  $P_1, V_1, P_{max}, T_{max}$ .

Диаграмма циклов представлена на рисунке 15.

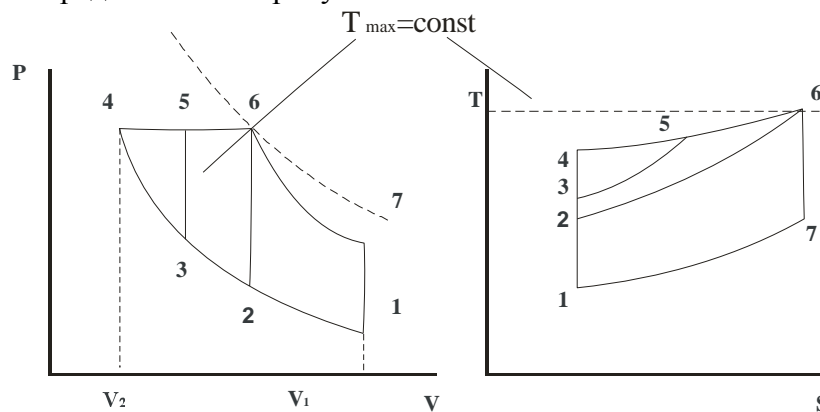


Рис.15 – диаграмма циклов при 2 условии

По второй диаграмме можно сделать вывод:

$T_{ДЗ} > T_{ТР} > T_{ОТ} \Rightarrow \eta_{д} \gg \eta_{тр} > \eta_{от}$ , однако  $\varepsilon_{д} > \varepsilon_{тр} > \varepsilon_{от}$ .

## Раздел 2. Расчёт компрессоров автомобиля

### Тема 2.1. Многоступенчатый идеальный компрессор

В общем случае сжатие газа в поршневом компрессоре может быть изотермическим (процесс 1-2') с интенсивным отводом теплоты (показатель политропы  $n=1$ ), адиабатным (процесс 1-2'',  $dq=0$ ,  $n=k$ ), политропным с отводом теплоты меньше, чем при изотермическом сжатии (процесс 1-2,  $n=1,2\dots 1,25$ ).

Работа  $l_k$ , затрачиваемая на привод компрессора при сжатии 1кг газа, и количество теплоты  $q_k$ , отводимое от газа в процессе сжатия, определяются по уравнениям:

✓ при изотермическом сжатии  $l_k = q_k = RT_1 \ln \lambda$ ; (8.1)

✓ при адиабатном сжатии ( $q_k = 0$ )  $l_k = \frac{k}{k-1} RT_1 \left( \lambda_k^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)$ ; (8.2)

✓ при политропном сжатии  $l_k = \frac{n}{n-1} RT_1 \left( \lambda_k^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$ ; (8.3)

$$q_k = c(T_2 - T_1) = c_v \frac{n-k}{n-1} T_1 \left( \lambda_k^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right), \quad (8.4)$$

где  $\lambda$  – степень повышения давления в ступени компрессора,  $\lambda = \frac{p_2}{p_1}$ .

При многоступенчатом сжатии обычно работа на привод компрессора для сжатия газа в каждой ступени и степень повышения давления в ступенях одинаковы ( $l_i = idem$ ,  $\lambda_i = idem$ ).

Тогда работа на привод компрессора

$$l_k = \sum l_i = m l_i; \quad (8.5)$$

степень повышения давления в компрессоре

$$\lambda_k = \lambda_i^m; \quad (8.6)$$

степень повышения давления в каждой  $i$ -й ступени

$$\lambda_i = \sqrt[m]{\lambda_k} = \sqrt[m]{\frac{p_{кон}}{p_{нач}}}; \quad (8.7)$$

давление на входе в  $i$ -ю ступень

$$p_i = p_1 \lambda_i^{i-1}, \quad (8.8)$$

где  $i$  – номер ступени;  $m$  – число ступеней;  $p_{кон}$ ,  $p_{нач}$  – давление газа на выходе из компрессора и входе в него, соответственно.

При одинаковом массовом наполнении рабочий объем  $V_{hi}$  ступеней уменьшается пропорционально увеличению плотности газа на входе в ступень. В случае промежуточного охлаждения (охлаждение после сжатия в каждой ступени) до начальной температуры  $T_1$ , т.е. при  $p_1 V_{h1} = p_i V_{hi}$  рабочий объем ступеней уменьшается пропорционально увеличению давления газа на входе в ступень. Тогда

$$V_{hi} = \frac{V_{h1}}{\lambda^{i-1}}. \quad (8.9)$$

Реальный компрессор, в отличие от идеального, имеет вредный объем  $V_{вр}$  (рис.8.2), вследствие чего наполнение цилиндра и, соответственно, производительность компрессора уменьшаются.

Уменьшение объемного расхода оценивается объемным КПД

$$\eta_{об} = 1 - a \left( \lambda^{\frac{1}{n_2}} - 1 \right), \quad (8.10)$$

где  $a$  – относительный вредный объем,  $a = \frac{V_{вр}}{V_h}$ ; в выполненных конструкциях компрессоров  $a = 0,04 \dots 0,10$ ;  $n_2$  – показатель политропы расширения газа.

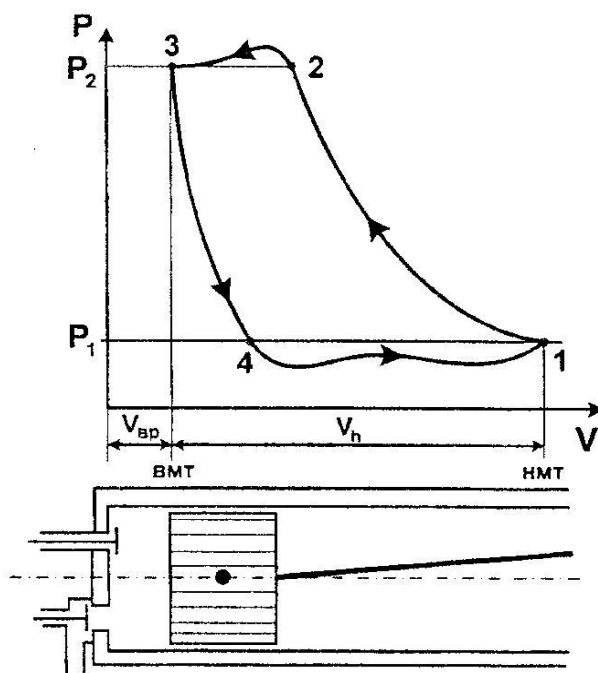


Рис. 8.2. Процессы сжатия в реальном компрессоре



В соответствии с законом Фурье при стационарном процессе теплопроводности тепловой поток (мощность теплового потока)  $dQ$ , передаваемый через элементарную площадку  $dA$ , определяется выражением

$$dQ = -\lambda \text{grad}(t) dA \quad \text{или} \quad dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dA, *$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $\text{grad}(t)$  – градиент температуры,  $\text{grad}(t) = \frac{dt}{dn}$ , К/м.

Знак минус в формуле Фурье учитывает разную направленность теплового потока и градиента температуры.

Плотность теплового потока

$$q = -\lambda \frac{dt}{dn}$$

*Теплопроводность через плоскую стенку*

Для однослойной стенки

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w_1} - t_{w_2}) A; \quad (12.1)$$

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w_1} - t_{w_2}), \quad (12.2)$$

где  $t_{w_1}$  и  $t_{w_2}$  – температуры поверхностей с горячей и холодной сторон пластины соответственно;  $\delta$  – толщина стенки, м;  $A$  – площадь теплопередающей поверхности, м<sup>2</sup>.

При линейном распределении температуры по толщине стенки температура в произвольном  $x$  его сечении

$$t_{wx} = t_{w_1} - q \frac{\delta_x}{\lambda}. \quad (12.3)$$

Для многослойной плоской стенки, состоящей из  $n$  слоев,

$$Q = \frac{(t_{w_1} - t_{w_{n+1}}) A}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \quad (12.4)$$

где  $\frac{\delta_i}{\lambda_i}$  – термические сопротивления  $R_i$  отдельных слоев многослойной стенки.

*Тепловой поток через цилиндрическую стенку*

Для однослойной стенки

$$Q = \frac{2\pi\ell(t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}. \quad (12.5)$$

В этой формуле  $\ell$  – длина стенки, м;  $d_1$  и  $d_2$  – внутренний и наружный диаметры стенки, м.

Так как в цилиндрической стенке распределение температур по её толщине определяется логарифмической зависимостью, то температура в произвольном сечении вычисляется по формуле

$$t_{wx} = t_{w1} - \frac{Q \ln \left( \frac{d_x}{d_1} \right)}{2\pi\ell\lambda}. \quad (12.6)$$

Для многослойной стенки

$$Q = \frac{2\pi\ell(t_{w1} - t_{wn+1})}{\sum_1^n \left( \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)}. \quad (12.7)$$

Температура на стыке слоев

$$t_{w_{i,(i+1)}} = t_{w1} - \frac{Q \sum_1^n \left( \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)}{2\pi\ell}. \quad (12.8)$$

*Тепловой поток через однослойную сферическую стенку*

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}}. \quad (12.9)$$

#### 4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объ- ем (час.)	Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2	3	4	5
1	1.	Расчёт элементов циклов Карно, Отто, Трин- клера	4	Компьютерная презентация (4 час.)

2	2.	Идеальный компрессор	4	-
3	3.	Причины изменения технического состояния систем питания	4	Компьютерная презентация (2 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>	<b>6</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель контрольной работы: уяснить связь между основными положениями термодинамики и работой теплотехнических механизмов и систем автомобиля.

Структура: две главы контрольной работы, оформленной в соответствии с [5] дополнительной литературы. Глава 1 – Термодинамические основы расчёта двигателей с наддувом, глава 2 – Расчёт термодинамических аппаратов автомобиля. Контрольную работу выполнять в соответствии с методическим указанием раздела 6 рабочей программы дисциплины.

Рекомендуемый объём: 20 – 25 страниц текста формата А4.

Основная тематика: термодинамический цикл двигателя с наддувом, работа водяного и масляного радиатора, компрессоры автомобиля.

Выдача задания и прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком

Оценка	Критерии оценки приёма контрольных работ.
зачтено	Студент понимает и может объяснить, в соответствии с какими законами и основными положениями термодинамики работают автомобильные агрегаты.
не зачтено	Студент может назвать детали, термодинамические процессы, но не в состоянии сделать вывод о том, какому закону теплотехники соответствует работа данного агрегата.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>Компетенции</i>  <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК-9</i>	<i>ОПК-3</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1.</b> Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом.	86	43	43	2	43	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен, кн
<b>2.</b> Расчёт компрессоров автомобиля.	56	28	28	2	28	Лекции, ПЗ, СРС	Экзамен, кн
<b>3.</b> Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля.	29	14,5	14,5	2	14,5	Лекции, ПЗ, СРС	Экзамен, кн
<b><i>всего часов</i></b>	<b>171</b>	<b>85,5</b>	<b>85,5</b>	<b>2</b>	<b>85,5</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Витковский, С.Л. Теплотехника. Лаб.практикум / С.Л. Витковский. - Братск, БрГУ, 2007.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Круглов, Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/3900">https://e.lanbook.com/book/3900</a> .	Лк, ПЗ, СРС	ЭР	1
2.	<b>Теплотехника</b> : учебник для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др. - 5-е изд., стереотип. - Москва : Высшая школа, 2006. - 671 с.	Лк, ПЗ, СРС	15	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике.- М.: Высш. шк. 1986.– 248 с.	Лк, ПЗ, СРС	83	1
4.	Витковский С.Л. Теплотехника. Лаб.практикум. -Братск, БрГУ, 2007.– 74 с.	ПЗ, СРС	50	1
5.	Стандарт Системы менеджмента кафедры «Автомобильный транспорт» ГОУ ВПО «БрГУ». СТ АТ 2.301-2006. Оформление текстовых учебных документов / Сост. В.Н. Тарасюк. – Братск: БрГУ, 2006. – 23 с.	Лк, ПЗ, СРС	101	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для того чтобы достигнуть указанного в целевой установке уровня владения материалом дисциплины, следует систематически готовиться к занятиям, выполнять в полном объеме все задания лабораторных работ и закреплять полученные умения, повторяя пройденный на занятиях материал во время самостоятельной подготовки.

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий

#### Практическое занятие №1. Расчёт элементов циклов Карно, Отто, Тринклера.

Занятие проводится в интерактивной форме – компьютерная презентация. При выполнении работы используется фильм, имеющийся на кафедре, воспроизводимый на компьютере.

Цель работы – получить навыки анализа состояния изучаемых циклов.

Порядок выполнения:

*Задача 7.5.* В цикле Отто к рабочему телу подводится энергия в форме теплоты в количестве, численно равном (по абсолютной величине) работе адиабатного процесса сжатия. Температура начала процесса сжатия равна  $T_a$ . Объём в процессе сжатия уменьшается в 10 раз. В качестве рабочего тела используется воздух, показатель адиабаты которого  $k = 1,4$ . Определить термический КПД данного цикла и цикла Карно, в котором подвод теплоты происходит при температуре, равной максимальной температуре данного цикла, а отвод теплоты при температуре  $T_a$ .

*Решение.*

КПД цикла Отто

$$\eta_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{10^{1,4-1}} = 0,60.$$

По условию задачи и с учётом адиабатного процесса сжатия

$$q_1 = |\ell_{\text{ac}}| = \Delta u_{\text{ac}} = c_v (T_c - T_a). \quad \text{Так как } T_c = T_a \varepsilon^{k-1}, \text{ то}$$

$$q_1 = \Delta u_{\text{ac}} = c_v T_a (\varepsilon^{k-1} - 1).$$

#### Практическое занятие №2. Идеальный компрессор.

Цель работы – получить навыки анализа изучаемых процессов.

Порядок выполнения:

**Задача 5.8.** Производительность воздухооохладителя  $V_ч = 10^5$  м<sup>3</sup>/ч при  $p = 10^5$  Па, температуре  $t_1 = 4^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\phi = 80\%$ . По техническим условиям производства при прохождении через охладитель воздух должен охлаждаться до  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Определить количество теплоты, которое необходимо отвести от воздуха, и количество воды, выпадающей на поверхности охладителя.

*Решение.*

Давление насыщения пара в воздухе при  $t_1 = 4^\circ\text{C}$  ( $T_1 = 277\text{K}$ )

$$p_{s1} = 10^{\left(10,95 - \frac{2224}{T_1}\right)} = 10^{\left(10,95 - \frac{2224}{277}\right)} = 834 \text{ Па.}$$

Парциальное давление пара на входе в охладитель

$$p_{n1} = \phi p_{s1} = 0,8 \cdot 834 = 667 \text{ Па.}$$

Влагосодержание на входе в охладитель

$$d_1 = \frac{0,622 \cdot p_{n1}}{(p - p_{n1})} = \frac{0,622 \cdot 667}{(10^5 - 667)} = 0,0042 \text{ кг}_n/\text{кг}_в.$$

Энтальпия влажного воздуха на входе

$$\begin{aligned} h_1 &= h_в + d_1 h_n = c_{пв} t_1 + d_1 (r + c_{пн} t_1) = \\ &= 1,0 \cdot 4 + 0,0042 \cdot (2500 + 1,97 \cdot 4) = 14,5 \text{ кДж/кг.} \end{aligned}$$

Давление насыщенного пара на выходе при  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  ( $T_2 = 273\text{K}$ )

$$p_{s2} = 10^{\left(10,95 - \frac{2224}{T_2}\right)} = 10^{\left(10,95 - \frac{2224}{273}\right)} = 636 \text{ Па.}$$

Влагосодержание насыщенного воздуха на выходе при  $t_2 = 0^\circ\text{C}$

$$d'_2 = \frac{0,622 \cdot p_{s2}}{(p - p_{s2})} = \frac{0,622 \cdot 636}{(10^5 - 636)} = 0,00398 \text{ кг}_n/\text{кг}_в.$$

Количество выпадающей воды, приходящейся на 1 кг сухого воздуха:

$$d_{\text{вод}} = d_1 - d'_2 = 0,0042 - 0,0038 = 0,00022 \text{ кг}_{\text{вод}}/\text{кг}_в.$$

Количество сухого воздуха, проходящего через охладитель:

$$G_в = \frac{p_в V_ч}{R_в T_1} = \frac{(p - p_n) V_ч}{R_в T_1} = \frac{(10^5 - 667) \cdot 10^5}{287 \cdot 277} = 125000 \text{ кг/ч.}$$

Основная литература [1,2].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем определяется КПД циклов?
2. Из каких процессов состоит цикл?
3. Как рассчитать процессы цикла?

**Практическое занятие №3.** Причины изменения технического состояния систем питания

Цель работы – получить навыки анализа изучаемых процессов.

Порядок выполнения:

**Задача 15.3.** Теплопроизводительность подогревателя  $Q_{\text{под}} = 283 \cdot 10^3$  кДж/ч. При температуре окружающей среды и агрегатов моторно-трансмиссионной установки  $t_{\text{ос}} = t_{\text{агр}_1} = -30^\circ\text{C}$  необходимо подогреть агрегаты до  $t_{\text{агр}_2} = 70^\circ\text{C}$ . Суммарная теплоемкость обогреваемых агрегатов  $C = 1257$  кДж/К, средний коэффициент теплоотдачи от наружных поверхностей агрегатов в окружающую среду  $\alpha = 11,64$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), площадь поверхностей  $A = 15$  м<sup>2</sup>. Определить время, необходимое для нагревания агрегатов.

*Решение.*

Количество теплоты, необходимое для нагревания агрегатов  $Q$

Основная литература [1,2].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем определяется термическое сопротивление?
2. Из каких частей оно состоит?
3. Как рассчитать термическое сопротивление многослойной стенки?

## 9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Тематика контрольных работ направлена на получение умений производить расчёты по определению параметров теплотехнических аппаратов автомобиля. Следует обращать внимание на основании каких законов и основных положений теплотехники работает данный агрегат и производится расчёт.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7;  
Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;  
Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;  
Adobe Reader.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	№1 ... №3
СР	Читальный зал №1	10-ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D; Учебная мебель	-
кн	Читальный зал №1	10-ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D; Учебная мебель	-



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-9	способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортнотехнологических процессов и их элементов	1. Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом	<b>1.1</b> Сравнение термодинамических циклов ДВС <b>1.2.</b> Цикл Стирлинга как перспективный цикл автомобильного двигателя <b>1.3.</b> Газотурбинный двигатель как составная часть двигателя с наддувом <b>1.4.</b> Автомобильный двигатель с наддувом	экзаменационные вопросы 1.1-1.3
		2. Расчёт компрессоров автомобиля	<b>2.1.</b> Многоступенчатый идеальный компрессор <b>2.2.</b> Компрессор как составная часть турбокомпрессора Многоступенчатый идеальный компрессор	экзаменационные вопросы 2.1-2.3
ОПК-3	готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов	3. Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля	<b>3.1.</b> Применение уравнений стационарной теплопроводности к аппаратам автомобиля. <b>3.2.</b> Теплообменники автомобиля	экзаменационные вопросы 3.1-3.2

**2. Экзаменационные вопросы (вопросы к зачету)**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-9	способность к участию в составе кол-	1.2. Цикл Отто. Применимость, процессы, параметры, КПД.	1. Термодинамические основы работы автомо-

<b>ОПК -3</b>	лектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортотехнологических процессов и их элементов	<p><b>1.2.</b> Циклы Дизеля и Тринклера. Применимость, процессы, параметры, КПД.</p> <p><b>1.3.</b> Сравнение термодинамических циклов ДВС</p> <p><b>1.4.</b> Цикл Стирлинга как перспективный цикл автомобильного двигателя</p> <p><b>1.5.</b> Газовая турбина. Применимость, процессы, параметры, КПД.</p> <p><b>1.6.</b> Газотурбинный двигатель как составная часть двигателя с наддувом</p> <p><b>1.7.</b> Термодинамический цикл двигателя с наддувом.</p> <p><b>1.8.</b> Автомобильный двигатель с наддувом</p> <p><b>1.9.</b> Классификация двигателей с наддувом</p>	бильных двигателей с наддувом
	готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов	<p><b>2.1</b> Многоступенчатый идеальный компрессор</p> <p><b>2.2.</b> Компрессор как составная часть турбокомпрессора</p> <p><b>2.3.</b> Расчёт турбокомпрессора</p>	<b>2.</b> Расчёт компрессоров автомобиля
		<p><b>3.1.</b> Применение уравнений стационарной теплопроводности к аппаратам автомобиля.</p> <p><b>3.2.</b> Теплообменники автомобиля, их назначение.</p> <p><b>3.3.</b> Расчёт радиатора</p> <p><b>3.4.</b> Теплообменники автомобиля расчёт</p>	<b>3.</b> Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b>  <b>ПК-9</b> – законы термодинамики, действующие в теплотехнических устройствах автомобиля, термодинамические процессы и циклы, термодинамический анализ теплотехнических устройств; применения теплоты в отрасли;  <b>ОПК-3</b> - основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; современную</p>	<b>отлично</b>	<p>Знает термодинамические процессы и циклы, теплотехнических устройств автомобиля.</p> <p>Умеет использовать законы термодинамики, действующие в теплотехнических устройствах.</p> <p>Владеет методами расчета основных термодинамических процессов, тепловых циклов двигателя и тепловых устройств автомобиля.</p>
	<b>хорошо</b>	<p>Знает основные особенности термодинамических процессов.</p> <p>Умеет решать некоторые задачи средней сложности по термодинамическим расчётам.</p> <p>Владеет основными навыками методами расчета основных термодинамических процессов</p>
	<b>удовлетворительно</b>	<p>Знает и может частично ответить на вопросы, затрагивающие суть теплотехнического состояния; испытывает трудности решения некоторых</p>

<p>научную аппаратуру; основные физические явления; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</p>		<p>задач. Умеет выполнять простые задания о причинах изменения теплотехнических параметров состояния. Владеет некоторыми навыками теплотехнических расчётов.</p>
<p><b>Уметь:</b> <b>ПК-9</b> – осуществлять теплотехнические измерения параметров ТиТТ-МО; – использовать законы термодинамики, действующие в теплотехнических устройствах автомобиля; <b>ОПК-3</b> - выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности;</p> <p><b>Владеть:</b> <b>ПК-9</b> – методами расчета основных термодинамических процессов, тепловых циклов двигателей внутреннего сгорания и тепловых устройств автомобиля, анализа их эффективности по исходным данным. <b>ОПК-3</b> - методами выполнения элементарных исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Знаком частично с параметрами термодинамических систем. Умеет выполнять элементарные операции по анализу систем. Не владеет навыками анализа термодинамических систем.</p>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.

Дисциплина «Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов» направлена на получение теоретических знаний и практических навыков и умений для активного применения в повседневной жизни и профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины «Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов» предусматривает:

- лекции
- выполнение практических занятий;
- экзамен;
- самостоятельную работу обучающихся
- контрольную работу.

В ходе освоения раздела 1 «Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом» студенты должны уяснить, что такое наддув и в какие достоинства и недостатки имеют двигатели с наддувом.

В разделе 2 «Расчёт компрессоров автомобиля» внимание следует обратить на термодинамический смысл этого устройства, часто входящего в состав автомобиля.

В разделе 3 «Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля» следует осознать, что теплообменники распространены и в автомобиле, и повсюду.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий с применением интерактивных форм (проектная деятельность). Внеаудиторная работа предполагает самостоятельную работу обучающихся на своих компьютерах с целью закрепления полученных на занятиях знаний, приобретения умений и навыков.

## АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины

### Теплотехнические основы работы автомобильных агрегатов

#### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является:

– дать будущим специалистам автомобильного транспорта необходимые знания о методах получения, преобразования, передачи и использования теплоты в автомобильных агрегатах в такой степени, чтобы они могли выбирать и эксплуатировать необходимое теплотехническое оборудование в области автомобильного транспорта, обеспечивая максимальную экономию топливно-энергетических ресурсов и материалов, интенсификацию и оптимизацию технологических процессов, выявление и использование вторичных ресурсов.

Задачей изучения дисциплины является:

- формирование знаний теплотехнической терминологии, законов получения и преобразования энергии, методов анализа эффективности использования теплоты ;
- формирование знаний принципов действия, схем, областей применения и потенциальных возможностей основного теплотехнического и теплоэнергетического оборудования (двигатели с наддувом, радиаторы, отопители и др.);
- формирование умения экспериментально определять и теоретически рассчитывать характеристики теплового и теплоэнергетического оборудования, производить измерение основных теплотехнических показателей, связанных с профилем инженерной деятельности.

#### 2. Структура дисциплины

2.1. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекций – 6 часов, практических занятий – 10 часа, самостоятельная работа обучающихся – 155 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часа, 5 зачётных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

- 1 – Термодинамические основы работы автомобильных двигателей с наддувом
- 2 – Расчёт компрессоров автомобиля.
- 3 – Расчёт теплообменных аппаратов автомобиля

#### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**(ПК-9)** способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов.

**(ОПК-3)** готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» от «14» декабря 2015 года № 1470

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413.

**Программу составил (и):**

\_\_\_\_\_ Камнев А.В., ассистент \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ

от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ \_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией механического факультета

от « 14 » декабря 2018 г., протокол № 4.

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Г.Н. Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_