

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

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ И РАСЧЕТЫ АВТОМОБИЛЯ**

**Б1.В.11**

**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>	
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.....	21
4.4 Практические занятия.....	21
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект.....	22
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>23</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>24</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>24</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>24</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических и лабораторных работ.....	25
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта.....	33
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>34</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>34</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>35</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>41</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>42</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>43</b>

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

## Вид деятельности выпускника

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

## Цель дисциплины

Научить обучающихся методам анализа конструкций автомобилей, оценке параметров рабочих процессов агрегатов и систем на прочность и жесткость элементов конструкций.

## Задачи дисциплины

- участие в составе коллектива исполнителей в разработке проектов объектов профессиональной деятельности с учетом механико-технологических, эстетических, экологических и экономических требований;

- участие в составе коллектива исполнителей в проектировании деталей, механизмов, машин, их оборудования и агрегатов;

- участие в составе коллектива исполнителей в разработке конструкторской и технологической документации для ремонта, модернизации и модификации транспорта и транспортного оборудования;

- информационный поиск и анализ информации по объектам конструирования.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-8	способность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципиальные и компоновочные схемы, рабочие процессы агрегатов и систем ТиТТМО отрасли;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять стандартные виды компоновочных, кинематических, динамических и прочностных расчетов деталей и узлов ТиТТМО отрасли;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками конструирования агрегатов и систем ТиТТМО отрасли;</li> <li>– способностью к работе в малых инженерных группах</li> </ul>
ПК-9	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>- принцип работы, технические характеристики и основные конструктивные решения узлов и агрегатов ТиТТМО отрасли;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить технико-экономический анализ, комплексно обосновывать принимаемые и реализуемые решения;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью к работе в малых инженерных группах</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.11 «Рабочие процессы и расчеты автомобиля» относится к вариативной части.

Дисциплина «Рабочие процессы и расчеты автомобиля» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин: «Конструкция и эксплуатационные свойства ТигТМО», «Силовые агрегаты», «Типаж и эксплуатация технологического оборудования».

Дисциплина представляет основу для изучения дисциплин: «Технологические процессы технического обслуживания и ремонта ТигТМО», «Экономия топливно-энергетических ресурсов».

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						Курсовой проект	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
<b>Очная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная</b>	4	-	180	16	4	4	8	155	КП	экзамен
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 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
			4
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	16	2	16
Лекции (Лк)	4	-	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	-	4
Практические занятия (ПЗ)	8	2	8
Курсовой проект*	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации*	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	155	-	155
Подготовка к лабораторным работам	25	-	25
Подготовка к практическим занятиям	25	-	25
Подготовка к экзамену в течение семестра	50	-	50
Выполнение курсового проекта	55	-	55
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	9	-	9
Общая трудоемкость дисциплины:	час.	180	180
	зач. ед.	5	5

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для заочной формы обучения:

№ раз- дела	Наименование раздела дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоя- тельную работу обучающихся и трудоем- кость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятель- ная работа обучающихся*
			лекции	лабора- торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Нагрузочные и расчетные режимы</b>	<b>21,5</b>	<b>0,5</b>	-	-	<b>21</b>
1.1	Виды нагрузок, действующих на детали автомобиля	10,5	0,5	-	-	10
1.2	Нагрузочные режимы ходовой части и трансмиссии	11	-	-	-	11
<b>2.</b>	<b>Сцепления</b>	<b>25,5</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>21</b>
2.1.	Требования, классификация, применяемость	12,5	0,5	1	1	10
2.2	Рабочий процесс	13	-	1	1	11
<b>3.</b>	<b>Коробки передач</b>	<b>22,5</b>	<b>0,5</b>	-	<b>1</b>	<b>21</b>
3.1	Требования, классификация, применяемость	11	0,5	-	0,5	10
3.2	Рабочий процесс коробки передач	11,5	-	-	0,5	11
<b>4.</b>	<b>Карданные передачи</b>	<b>27,5</b>	<b>0,5</b>	-	<b>1</b>	<b>26</b>
4.1	Требования, классификация, применяемость	14	0,5	-	0,5	13
4.2	Нагрузки и основы расчета карданных передач	13,5	-	-	0,5	13
<b>5.</b>	<b>Главные передачи</b>	<b>16,5</b>	<b>0,5</b>	-	<b>1</b>	<b>15</b>
5.1	Требования, классификация, применяемость	8	0,5	-	0,5	7
5.2	Нагрузки и основы расчета главной передачи	8,5	-	-	0,5	8
<b>6.</b>	<b>Дифференциалы</b>	<b>16,5</b>	<b>0,5</b>	-	<b>1</b>	<b>15</b>
6.1	Анализ и оценка конструкции	8	0,5	-	0,5	7
6.2	Нагрузки и основы расчета дифференциала	8,5	-	-	0,5	8
<b>7.</b>	<b>Рулевые управления</b>	<b>22,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
7.1	Анализ и оценка конструкции	11,5	0,5	0,5	0,5	10
7.2	Нагрузки и основы расчета рулевого механизма	11	-	0,5	0,5	10
<b>8.</b>	<b>Тормозные управления</b>	<b>18,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
8.1	Анализ и оценка конструкции	11	0,5	0,5	-	10
8.2	Нагрузки и основы расчета тормозного механизма	7,5	-	0,5	1	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>155</b>

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

### Раздел 1. Нагрузочные и расчетные режимы

#### Тема 1.1. Виды нагрузок, действующих на детали автомобиля.

Детали машин, в большинстве случаев работают при переменных нагрузках и скоростях. В качестве нагрузок, действующих на детали машин принимают:

1. Силу  $F$  [Н, кН].
2. Изгибающий момент  $M$ , [Н·м, кН·м].
3. Крутящий момент  $M_k$ , [Н·м, кН·м].

*Нагрузки*, возникающие в процессе работы машины называют рабочими, и исходя из характера их изменения во времени различают следующие:

- а) – постоянная нагрузка (самый тяжелый вид нагружения)
- б) – переменная нагрузка, изменяющаяся случайным образом
- в) переменная, циклически изменяющаяся по регулярному, к примеру, симметричному циклу (самый опасный цикл).

Цикл изменения нагрузки, который повторяется многократно, называют регулярным ( $T$  – период цикла). В случае если вид переменного режима не указан, то расчет проводят для постоянного режима.

*Учитывая зависимость от характера действия на деталь нагрузки бывают:*

- а) статические (плавно возрастают, практически не изменяются и плавно убывают);
- б) динамические, которые характеризуются мгновенным изменением одного или нескольких следующих параметров: времени действия, направления приложения, модуля нагрузки, точки приложения.

По способу приложения нагрузки на деталь различают распределенные по длине (погонная нагрузка [Н/м]) и по площади (давление [МПа]).

Кроме указанных, на детали могут действовать сосредоточенные нагрузки, которые характеризуются точкой приложения, направлением действия, модулем.

В большинстве случаев на детали и узлы машин действуют переменные нагрузки и скорости. В этом случае крайне важно учитывать переменный характер нагрузки, так как это способствует уменьшению металлоемкости и габаритов проектируемых машин и механизмов.

Рассмотрим некоторый переменный режим нагружения детали и запишем методику его учета при выполнении расчетов.

#### **а) Нагрузка изменяется случайным образом**

1. Суммарное время действия нагрузки на деталь разбивают на интервалы, для которых нагрузка имеет примерно одинаковый характер изменения

2. В рамках каждого интервала переменную нагрузку заменяют на эквивалентную постоянную и проводят ее ранжирование.

3. Строят гистограмму нагрузки. Наибольшую длительно действующую нагрузку принимают в качестве номинальной, которая используется при формировании методики расчета деталей машин, работающих при переменных нагрузках.

4. Переменную по величине нагрузку на гистограмме нагружения заменяют постоянной эквивалентной по своему действию на сопротивление усталости деталей. Существует 2 способа замены переменной нагрузки на эквивалентную постоянную.

**1 способ.** Для принятой максимальной длительно действующей нагрузки  $T_{\max}=T_1$  вычисляют эквивалентное число циклов  $N_E$  ее изменения, за которое она оказывает такое же действие на сопротивление усталости детали, как и действительная переменная нагрузка.

**2 способ.** Для заданного числа циклов изменяющейся нагрузки вычисляют эквивалентную постоянную нагрузку, которая за это число циклов окажет такое же действие на сопротивление усталости деталей, как и действующая переменная нагрузка

При расчете зубчатых, червячных, планетарных передач используют 1 способ учета переменного режима нагружения, который стандартизован.

#### **б) Нагрузка изменяется по типовому режиму**

Установлено, что нагрузки в виде гистограмм для деталей и узлов приводов типовых устройств различаются незначительно. К типовым устройствам относят конвейеры, механизмы подъема грузоподъемных машин, подъемники, элеваторы и др.

0 – постоянный режим, характерный для деталей и узлов приводов насосных станций для перекачивания жидкости (вода, нефть);

I – тяжелый режим нагружения (горные машины, камнедробильные устройства);

II – средний равновероятностный детали и узлы приводов

III – средний нормальный транспортирующих машин;

IV – легкий детали и узлы приводов металлорежущих

V – особо легкий станков, сварочных машин;

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Тема 1.2. Нагрузочные режимы ходовой части и трансмиссии.

Создание крупномасштабных моделей позволило обследовать в реальных дорожных условиях динамические нагрузки при разных схемах компоновки и степени поддрессоривания. Экспериментальное обследование динамических нагрузок методом тензометрирования проводилось на различных дорогах, на местности и при преодолении естественных препятствий на различных режимах движения. Нагрузки измеряли на всех осях.

Бетонные дороги с твердым покрытием даже хорошего состояния характеризуются наличием периодических неровностей, обусловленных дефектами дорожного покрытия и осадкой грунта. Поэтому нагрузки в ходовой части автомобиля при движении по бетонным и асфальтированным дорогам определяются колебаниями поддрессоренной части шасси. Их максимальное значение соответствует режиму низкочастотного резонанса.

По нагруженности ходовой части при движении по дорогам рассматриваемые шасси делятся на две характерные группы: с осевой формулой 1—2—1 и низкими показателями поддрессоривания и с осевой формулой 2—2. В первой группе коэффициент динамичности достигает 2,2.. 2,45, характерна сравнительно большая разница в нагруженности отдельных осей. Это обуславливается схемой ходовой части и низкими показателями демпфирования в подвеске. Во второй группе наибольшие коэффициенты динамичности лежат в пределах 1,52.. 1,54 и разница в нагрузках осей небольшая.

Неровности характерны для разбитых дорог и местности, они относительно беспорядочно расположены в виде выбоин и выступов. Наиболее характерными для таких дорог являются неровности:  $SH=1...3$  м,  $Ян=70...100$  мм. В некоторых случаях высота неровностей достигает 200.. 300 мм. Скоростной переезд единичных неровностей многоосным автомобилем вызывает колебания неподрессоренной массы. Нагрузки в ходовой части в этом случае определяются параметрами поддрессоривания и не зависят от схемы ходовой части.

Наибольшие динамические нагрузки возникают у моделей группы I, главным образом в результате плохого поддрессоривания. При полном отсутствии подвески динамические нагрузки максимальны,  $D_d=4,7$ . Во второй группе нагрузки значительно ниже и оси нагружены равномернее. Обращает внимание полная равномерность нагружения ходовой части модели с независимой балансирной подвеской до упора балансира в ограничитель.

Грунтовые дороги и местность влияют на нагруженность ходовой части как в результате наличия единичных, так и периодических неровностей. Нагрузки обусловлены колебаниями поддрессоренной и неподрессоренных масс. Здесь сказываются главным образом степень поддрессоривания и характеристики подвески.

Большой уровень нагруженности имеют модели первой группы. При движении автомобиля по местности начинают проявляться профильные нагрузки, оказывает влияние и схема размещения осей по базе. При преодолении препятствий определяющими являются профильные нагрузки. При отсутствии подвески и сближении центральных осей коэффициент динамичности достигает 4,0...4,5.

Модели с тележечной схемой и полным поддрессориванием колес в условиях движения по грунтовым дорогам и местности имеют коэффициент динамичности 2.. 2,85. Наименьшие нагрузки имеет модель с балансирной подвеской в пределах ходов балансира. При упоре ба-

лансира в ограничитель хода нагрузки становятся такими же, как и при независимой подвеске.

Полученные экспериментальные данные подтверждают теоретические выводы о преимуществах автомобилей со сближенными крайними осями и нецелесообразности создания неподрессоренных и полуподрессоренных автомобилей любого типа, если исходить из условий снижения их массы и материалоемкости. Выявлено положительное влияние на выравнивание и снижение динамических нагрузок в ходовой части балансирной связи между осями, расположенными рядом.

Представляет интерес сравнение нагруженности ходовой части четырех- и шестиосного автомобилей. Это сравнение важно для выявления влияния числа осей при всех прочих равных условиях на нагрузки в ходовой части. Указанные две модели имеют одинаковую конструкцию и характеристику шин, элементов подвески, кожухов полуосей и равные статические нагрузки на колесо (ось), т. е. обеспечены все исходные предпосылки теоретических исследований данного вопроса.

Эксперименты подтверждают выводы теоретических исследований о том, что уровень нагрузок в ходовой части, определяемый колебаниями поддрессоренной и неподрессоренной масс, практически не зависит от числа осей. Динамические нагрузки, определяемые колебаниями, у четырех- и шестиосной моделей практически одинаковы. Имеющееся расхождение можно отнести за счет погрешностей измерений.

Профильные нагрузки в большой степени зависят от числа осей. У шестиосной модели они в 1,3...1,6 раза больше, чем у четырехосных. При этом профильные нагрузки у четырехосной модели практически равны динамическим нагрузкам от колебаний. У шестиосного автомобиля они резко отличаются.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Раздел 2. Сцепление.

### Тема 2.1. Требования, классификация, применяемость.

*Сцепление автомобиля* предназначено для кратковременного отключения двигателя от КПП, а также для плавного соединения этих агрегатов при работающем моторе. Помимо прочего, сцепление не допускает резкого изменения нагрузки, обеспечивает плавное начало движения, а также защищает узлы, механизмы и детали трансмиссии от перегрузок инерционным моментом.

Инерционный момент создается вращающимися деталями двигателя при резком замедлении вращения коленвала.

Сцепление может иметь *гидравлический* или *механический* привод. Гидравлический привод используется чаще, он включает в себя следующие элементы: педаль сцепления (находится в салоне слева от педали тормоза), главный цилиндр сцепления, рабочий цилиндр сцепления, приводная вилка, выжимной подшипник, шланги (по которым течет жидкость сцепления).

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

### Тема 2.2. Рабочий процесс.

В общем случае принцип работы гидравлического сцепления выглядит следующим образом. При нажатии на педаль сцепления это усилие через специальный шток и поршень передается жидкости, и через нее поступает дальше — от поршня главного цилиндра на поршень рабочего цилиндра сцепления. Затем шток рабочего цилиндра передает это усилие приводной вилке и выжимному подшипнику, от которых усилие поступает непосредственно на механизм сцепления.

В качестве жидкости механизма гидравлического сцепления обычно используется тормозная жидкость.

После того, как педаль сцепления отпущена, его детали под воздействием возвратных пружин возвращаются в исходное состояние.

Что касается сцепления с механическим приводом, то оно обычно используется на автомобилях с передним приводом. При этом педаль сцепления связана с приводной вилкой посредством металлического троса.

Что касается самого механизма сцепления, то оно представляет собой устройство, осуществляющее с помощью силы трения передачу крутящего момента от двигателя на КПП. Механизм сцепления обеспечивает кратковременное отсоединение двигателя от КПП и последующее плавное их соединение. Детали механизма сцепления расположены в металлическом картере, который связан с картером двигателя.

Механизм сцепления включает в себя картер сцепления, кожух, ведущий диск (маховик коленвала двигателя, от которого передается крутящий момент), нажимной диск с пружинами, ведомый диск с фрикционными накладками.

Ведомый диск с первичным валом КПП все время прижат к маховику нажимным диском под воздействием мощных пружин. В результате между маховиком, нажимным и ведомым дисками образуется большая сила трения, которая обеспечивает одновременное вращение этих деталей при работающем моторе и при отпущенной педали сцепления.

Чтобы машина тронулась с места, необходимо ведомый диск (он непосредственно связан с ведущими колесами автомобиля) прижать к вращающемуся маховику. Этот процесс называется «включение сцепления» и является довольно сложным, поскольку маховик вращается с угловой скоростью около 20–25 оборотов в секунду, а колеса стоят на месте. В связи с этим этот процесс осуществляется в три этапа (исходное положение — педаль сцепления нажата, первая передача включена).

Прежде всего, следует слегка отпустить педаль сцепления: благодаря этому пружины нажимного диска подведут к маховику ведомый диск таким образом, что они слегка соприкоснутся. В результате между диском и маховиком появится небольшая сила трения и диск начнет вращение, а машина — тронется с места.

После этого нужно еще ослабить давление на педаль сцепления, отжав ее приблизительно до середины хода, и задержать ее в этом положении на пару секунд. Это необходимо для того, чтобы скорости вращения диска и маховика выровнялись. При этом машина поедет быстрее.

На заключительном этапе педаль сцепления нужно отпустить полностью. После этого нажимной и ведомый диски будут вращаться с одинаковой скоростью и станут единым целым. Маховик двигателя тоже будет вращаться с этой же скоростью. Крутящий момент будет целиком передаваться на ведущие колеса автомобиля через КПП, и машина поедет со скоростью, соответствующей включенной передаче.

Каждый из трех рассмотренных этапов должен выполняться без рывков и прочих резких движений, постепенно и плавно. Многие новички отпускают педаль сцепления слишком быстро и резко, после чего машина резко дергается, а мотор глохнет. Учтите, что это может стать причиной серьезной поломки как сцепления, так и других механизмов и агрегатов.

При необходимости выключения сцепления (например, при смене передач) нужно нажать педаль сцепления до упора. При этом нажимной диск отодвинется от маховика и освободит ведомый диск. Следовательно, передача крутящего момента от двигателя к ведущим колесам прекращается и мотор работает «вхолостую».

Одним из распространенных способов движения является езда «накатом». Для этого нужно выжать педаль сцепления и перевести рычаг КПП в положение, соответствующее нейтральной передаче.

Категорически запрещается двигаться «накатом» при включенной передаче и нажатой педали сцепления: это быстро приведет к поломке сцепления.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

### Раздел 3. Коробка передач.

#### Тема 3.1. Требования, классификация, применяемость.

*Коробка переключения передач* (сокращенно КПП) предназначена для изменения крутящего момента по величине и направлению и передачи его от сцепления (с механизмом сцепления мы познакомимся в следующем разделе) к ведущим колесам. Другими словами, с по-

мощью КПП при постоянной мощности двигателя происходит изменение силы тяги на ведущих колесах автомобиля. Также КПП позволяет включить задний ход и на неограниченное время (в отличие от сцепления) осуществлять отсоединение двигателя от ведущих колес.

Автомобили могут оснащаться *механической* либо *автоматической* КПП. Отметим, что механическая КПП является сегодня более распространенной, она устанавливалась на все автомобили до изобретения «автомата», который появился примерно в середине прошлого столетия.

Механическая КПП содержит следующие основные элементы: картер, первичный вал, вторичный вал, промежуточный вал, шестерни, дополнительный вал, шестерни заднего хода, синхронизаторы, механизм переключения передач, замковое устройство, блокировочное устройство, рычаг переключения передач. Отметим, что рычаг коробки переключения передач (сокращенно рычаг КПП) — единственный из перечисленных элементов, который доступен из салона.

*Картер* КПП закреплен на картере сцепления, который, в свою очередь, установлен на картере двигателя. Половину объема картера КПП занимает трансмиссионное масло, используемое для смазки деталей КПП. Замена масла в КПП осуществляется редко, на многих современных автомобилях его и менять не нужно (оно заливается на заводе-изготовителе и рассчитано на весь срок эксплуатации автомобиля). Это обусловлено тем, что в КПП по сравнению с мотором детали вращаются намного медленнее. Следовательно, они не так интенсивно изнашиваются, и в масло попадает значительно меньше продуктов их работы (металлических опилок, стружки и др.). Поэтому находящееся в КПП масло дольше сохраняется в состоянии, пригодном для использования.

Картер КПП содержит подшипники, на которых вращаются валы. Эти валы имеют наборы шестерен с разным числом зубьев. Для того чтобы передачи переключались плавно и бесшумно, в КПП используются синхронизаторы. Сущность их работы состоит в том, что они уравнивают угловые скорости вращающихся шестерен.

Основным узлом КПП является *механизм переключения передач*, с помощью которого, собственно, и осуществляется смена передач. Управление этим механизмом производится с помощью рычага, расположенного в салоне. Обычно рычаг КПП находится между передними сиденьями и одновременно перед ними, но он может располагаться, например, и на рулевой колонке.

Замковое устройство предотвращает включение одновременно двух передач, а блокировочное устройство предотвращает самопроизвольное выключение передач.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

### Тема 3.2. Рабочий процесс коробки передач

Основной принцип работы КПП базируется на том, что разные шестерни имеют разное число зубьев. Предположим, что коленвал вращается со скоростью 3000 оборотов в минуту и передает этот крутящий момент на первичный вал с шестерней, которая входит в зацепление с другой шестерней, большей по размеру и имеющей в два раза больше зубьев. Вал, на котором установлена эта вторая шестерня, будет вращаться со скоростью в два раза меньшей, т. е. 1500 оборотов в минуту. При использовании разных сочетаний входящих в зацепление шестерен (установленных на разных валах) этот принцип позволяет получать и передавать на ведущие колеса разный крутящий момент. В результате при вращении коленчатого вала со скоростью 3000 оборотов в минуту ведущие колеса при включении соответствующих передач могут вращаться, например, со скоростью 1500 оборотов в минуту или 2000 оборотов в минуту и т. д.

Для движения задним ходом в КПП предусмотрена возможность включения задней передачи. В данном случае вторичный вал КПП вращается в обратную сторону благодаря использованию нечетного количества входящих в зацепление шестерен (в этом случае направление крутящего момента меняется на противоположное). Эта «нечетная» шестерня находится на дополнительном валу КПП.

Водитель автомобиля самостоятельно переключает передачи с помощью рычага, в зависимости от условий езды, режима работы двигателя, его возможностей, а также иных факто-

ров. На современных легковых автомобилях чаще всего устанавливается пятиступенчатая коробка передач: это означает, что машина имеет пять передач для движения в переднем направлении и одну передачу — для движения в заднем направлении.

Помните, что чем ниже передача — тем она сильнее, но в то же время — медленнее. Следовательно, самыми сильными передачами, используемыми для начала движения и езды на небольшой скорости, являются первая и задняя передачи. Когда они включены, мотор легко вращает ведущие колеса, но разогнаться до высокой скорости вы не сможете: двигатель будет громко «реветь», но быстрее 10–20 км/ч автомобиль не поедет. Поэтому после начала движения и набора минимальной скорости необходимо перейти на вторую передачу — менее мощную, но более скоростную. Далее можно развить скорость 40–50 км/ч для перехода на третью передачу — еще более скоростную и менее мощную и т. д.

При движении на низких передачах автомобиль расходует больше топлива, чем при движении на высоких. Другими словами, чем выше передача — тем экономичней езда.

Автоматическая КПП (сокращено АКПП) является более удобной для новичков, поскольку избавляет водителя от необходимости работать педалью сцепления и постоянно манипулировать рычагом КПП. Но и у нее имеется рычаг переключения — он называется «рычаг селектора». Чаще всего он имеет четыре основных положения: P, R, N, D.

Положение P (в этом положении находится рычаг) — это режим парковки. Он используется после полной остановки автомобиля и включения стояночного тормоза (хотя последнее не обязательно). Запускать двигатель при нахождении рычага селектора в данном положении разрешается.

Положение R используется для включения задней передачи. Переводить рычаг селектора в это положение можно только после полной остановки и при нажатой педали тормоза — в противном случае можно вывести АКПП из строя.

Положение N — это нейтральное положение, имеющееся и у механической КПП. При этом ведущие колеса отключены от двигателя, крутящий момент на них не передается, следовательно — при нахождении рычага селектора в этом положении запускать двигатель разрешается. Ни в коем случае не переводите рычаг селектора в положение N во время движения автомобиля — иначе АКПП может получить серьезные повреждения вплоть до полного выхода из строя.

Положение D — это режим движения. Он используется при движении в стандартных условиях, причем именно в данном режиме происходит автоматическое переключение передач без участия водителя (это зависит от скорости и иных факторов).

Некоторые АКПП имеют дополнительные режимы разгона (нормальный, экономичный и спортивный), выбор которых осуществляется соответствующим положением рычага селектора.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

#### Раздел 4. Карданная передача.

##### Тема 4.1. Требования, классификация, применяемость.

Карданная передача на автомобилях с задним приводом используется для передачи крутящего момента от вторичного вала КПП к главной передаче (о ней мы поговорим чуть позже) под изменяющимся углом. Другими словами, карданная передача необходима для передачи крутящего момента между агрегатами, оси валов которых не совпадают и могут изменять свое положение относительно друг друга при движении автомобиля. Карданная передача включает в себя передний и задний валы, промежуточную опору с подшипником, шарниры с вилками, крестовины, шлицевое соединение и эластичную муфту.

Передача крутящего момента под изменяющимся углом достигается за счет использования механизма шарниров с вилками и крестовинами.

У автомобиля с ведущими задними колесами задний мост связан не жестко с колесами и кузовом. А вот мотор, КПП и передний вал карданной передачи крепятся к кузову прочно и неподвижно. Во время движения автомобиль подпрыгивает на неровностях проезжей части, в результате чего кузов относительно заднего моста перемещается по вертикали — то вверх,

то вниз. Соответственно, постоянно изменяется угол между передним валом карданной передачи и главной передачей, находящейся в заднем мосту.

Но крутящий момент поступает как раз в это «трясущееся» место, и данный процесс должен быть постоянным и равномерным. А задний вал карданной передачи не может и не должен быть жестким. Поэтому он оснащен двумя шарнирами, с помощью которых крутящий момент передается от КПП к главной передаче ровно и стабильно даже тогда, когда машина трясется на неровной дороге.

Шлицевое соединение обеспечивает компенсацию линейного перемещения карданной передачи относительно кузова при любом изменении угла передачи крутящего момента. А эластичная муфта компенсирует резкое и излишне жесткое обращение с педалью сцепления за счет поглощения проходящей по трансмиссии ударной волны. Важность этой детали существенно возрастает, когда за рулем находится новичок.

На автомобилях с передними ведущими колесами карданная передача имеет иную конструкцию. Поскольку крутящий момент передается на передние колеса, для каждого из них предусмотрен свой карданный вал и по два шаровых шарнира (другими словами, каждое ведущее колесо имеет индивидуальную карданную передачу). Этот механизм известен под названием ШРУС, что расшифровывается как «шарнир равных угловых скоростей».

Стоит отметить, что слабым местом ШРУСов являются шарниры: при попадании частичек песка, пыли или грязи шарнир быстро выходит из строя. Для защиты от воздействия внешней среды шарниры оснащены специальными резиновыми колпаками — пыльниками. Состояние пыльников необходимо держать на контроле: если на пыльнике появились отверстия, трещины или иные механические повреждения — его нужно срочно заменить, или через короткое время придется менять весь ШРУС.

На срок службы ШРУСов, а также шарниров карданного вала заднеприводных автомобилей отрицательное влияние оказывают следующие факторы: неправильный выбор скоростного режима на ухабистых и разбитых дорогах, буксование в грязи, резкий разгон, резкий старт, езда по грунтовой дороге с глубокими колеями.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

#### Тема 4.2. Нагрузки и основы расчета карданных передач

1 Определяем нагрузки, действующие на крестовину и вилку  $M_{\text{наг}}$ , Н · м

$$M_{\text{кар}} = \frac{M_{\text{к max}} \cdot U'_{TP}}{\cos \gamma} \quad \text{или} \quad M_{\text{кар}} = \frac{86,24 \cdot 3,81}{\cos 6,067} = 330,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Окружные силы  $T_{\text{наг}}$ ,  $P_{\text{наг}}$ , Н

$$P_{\text{кар}} = \frac{M_{\text{кар}}}{2 \cdot r} \quad \text{или} \quad P_{\text{кар}} = \frac{330,4}{2 \cdot 0,032} = 5162,5 \text{ Н}.$$

$$T_{\text{кар}} = \frac{M_{\text{кар}}}{2 \cdot r_{\text{ш}} \cdot f},$$

где  $f$  – коэффициент трения (принимаяем  $f = 0,15$ );

$$T_{\text{кар}} = \frac{330,4}{2 \cdot 0,012} \cdot 0,15 = 2065 \text{ Н}.$$

Суммарная нагрузка  $R_{\text{наг}}$ , Н

$$R_{\text{кар}} = \sqrt{P_{\text{кар}}^2 + T_{\text{кар}}^2} \quad \text{или} \quad R_{\text{кар}} = \sqrt{5162,5^2 + 2065^2} = 5559,7 \text{ Н}$$

2 Рассчитываем шип на изгиб

$$\sigma_u = \frac{R_{кар} \cdot a}{W_{ши}} \leq [\sigma_u],$$

где  $W_{ши}$  – осевой момент сопротивления;

$[\sigma_u]$  для стали 18ХГТ, 20Х равно 250...300 МПа.

$$W_{ши} = 0,1 \cdot d_u^3 \text{ или } W_{\phi\dot{\epsilon}} = 0,1 \cdot 0,0152^3 = 0,35 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_u = \frac{5559,7 \cdot 0,0145}{0,35 \cdot 10^{-6}} = 230 \text{ МПа} < [\sigma_u]$$

3 Рассчитываем шип крестовины на срез

$$\tau_{ср} = \frac{R_{кар}}{F_{ср}} \leq [\tau_{ср}],$$

где  $[\tau_{ср}]$  для стали 18ХГТ, 20Х равно 60...80 МПа.

$$F_{ср} = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4},$$

$$F_{ср} = \frac{3,14 \cdot 0,0152^2}{4} = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\tau_{ср} = \frac{5559,7}{0,18 \cdot 10^{-3}} = \text{Па} = 30,9 \text{ МПа} < [\tau_{ср}]$$

4 Рассчитываем шип крестовины на смятие

$$q_{см} = \frac{P_{кар} \cdot K_n}{2 \cdot a \cdot d_u} \leq [q_{см}] = 6...8 \text{ МПа},$$

где  $K_n = 0,65$ ;

$[q_{см}] = 6...8 \text{ МПа}$ .

$$q_{см} = \frac{5162,5 \cdot 0,65}{2 \cdot 0,0145 \cdot 0,0152} = 7612579 \text{ Па} = 7,6 \text{ МПа} < [q_{см}]$$

5 Рассчитываем игольчатый подшипник на допустимую нагрузку

$$P_{дон} = 7900 \cdot \frac{z_u \cdot l_u \cdot d_u}{\sqrt[3]{\frac{n_M \cdot \text{tg } \gamma}{U_{TP}}}} \geq R_{кар} \cdot K_n,$$

$$P_{дон} = 7900 \cdot \frac{22 \cdot 0,0125 \cdot 0,0025}{\sqrt[3]{\frac{43,33 \cdot \text{tg } 6,067}{3,81}}} = 5,1 \text{ Н} > R_{кар} \cdot K_n$$

6 Рассчитываем крестовину на разрыв

$$\sigma_p = \frac{P_{кар} \cdot \sqrt{2}}{F_{кр}} \leq [\sigma_p],$$

где  $[\sigma_p]$  для стали 18ХГТ, 20Х равно 100...150 МПа.

$$F_{кр} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4},$$

$$d_1' = \frac{2}{3} \cdot d_{ш} = \frac{2}{3} \cdot 15,2 = 10,13 \text{ мм},$$

$$F_{кр} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,01013^2}{4} = 161 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$\sigma_p = \frac{5162,5 \cdot \sqrt{2}}{161 \cdot 10^{-6}} = 44891304 \text{ Па} = 44 \text{ МПа} \leq [\sigma_p]$$

7 Рассчитываем вилку на изгиб

$$\sigma_{ви} = \frac{P_{кар} \cdot C}{W_{ви}} \leq [\sigma_{ви}],$$

где  $[\sigma_{ви}]$  для стали СТ 35, СТ 40, СТ 45 равно 60...80 МПа;

$$c \approx r = 32 \text{ мм}.$$

$$W_{ви} = bh^2 / 6,$$

где  $b = 2a = 29 \text{ мм}$ ;

$$h = 4a = 58 \text{ мм}.$$

$$W_{ви} = bh^2 / 6 = 0,029 \cdot 0,058^2 / 6 = 16,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$\sigma_{ви} = \frac{5162,5 \cdot 0,032}{16,26 \cdot 10^{-6}} = 10 \text{ МПа} < [\sigma_{ви}].$$

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Раздел 5. Главная передача.

### Тема 5.1. Требования, классификация, применяемость.

Что касается главной передачи, то у заднеприводных и переднеприводных автомобилей ее конструкция и назначение отличаются. На машинах с задним приводом она используется для увеличения крутящего момента, для его передачи на полуоси колес под прямым углом, а также для уменьшения частоты вращения ведущих колес. Главная передача состоит из пары шестерен — ведущей и ведомой, расположенных под прямым углом по отношению друг к другу, причем ведущая шестерня по размеру меньше ведомой. Эти шестерни находятся в постоянном зацеплении друг с другом. Крутящий момент, возникающий в двигателе автомобиля, через коленчатый вал, сцепление, коробку переключения передач и карданный вал, передается на ведущую шестерню, а от нее под прямым углом — на ведомую шестерню, откуда, в свою очередь, передается на полуоси колес.

При повороте автомобиля ведущие колеса должны пройти разное расстояние: колесо внутри поворота — меньшее, а колесо снаружи поворота — большее. Поскольку главная передача не обеспечивает такого эффекта, на первый взгляд поворот автомобиля должен быть невозможен. Эта проблема решается с помощью устройства под названием «дифференциал». Он автоматически распределяет крутящий момент между полуосями (соответственно — между колесами) при выполнении поворотов, а также при движении по дороге с неровным дорожным покрытием. Другими словами, с помощью дифференциала колеса получают возможность вращаться с разной угловой скоростью, что позволяет им проходить разное расстояние, не проскальзывая при этом по поверхности дороги. Дифференциал включает в себя две шестерни полуосей и две шестерни сателлитов, и в комплексе с главной передачей образует с ней единый механизм.

На автомобилях с передними ведущими колесами устройство главной передачи и дифференциала несколько отличается. Это обусловлено тем, что у таких машин мотор установлен поперек направления движения, поэтому необходимость передачи крутящего момента под прямым углом отпадает: ведь он и так передается в плоскости, соответствующей движению колес. У переднеприводных машин главная передача и дифференциал расположены непосредственно в коробке переключения передач. В остальном же функции главной передачи и дифференциала такие же, как и у машин с задним приводом.

Чтобы механизмы главной передачи и дифференциала преждевременно не изнашивались, у заднеприводных автомобилей заливается трансмиссионное масло в картер заднего моста. Визуально он выглядит как характерное утолщение в центральной части заднего моста. У переднеприводных автомобилей масло заливается в коробку передач. Уровень масла необходимо контролировать, при необходимости доливать его, а также своевременно менять износившиеся сальники, которые должны предотвращать утечку масла.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Тема 5.2. Нагрузки и основы расчета главной передачи.

Зубчатые колеса главной передачи относятся к наиболее нагруженным деталям автомобиля, которые работают в условиях динамического нагружения.

Поэтому их изготавливают из высококачественных, высоколегированных цементуемых сталей 20Х2Н4А, 18ХГТ, 20ХН3А, 12Х24А. После цементации и закалки твердость на поверхностях зубьев достигает HRC 55...63 (а сердцевина у основания зуба только HRC 26...35). Это обеспечивает высокую поверхностную прочность зубьев, прочность на изгиб и сопротивление ударным нагрузкам. Заготовки получают объемной штамповкой. Передаточное число не разнесенной двойной главной передачи автомобиля равно

$$UO = UOK \times UOЦ,$$

где UOK - передаточное число конической пары (первая степень);

UOЦ - передаточное число цилиндрической пары зубчатых колес (вторая ступень).

Необходимо, чтобы на коническую пару главной передачи приходилось меньшее передаточное число.

В зависимости от выбранного значения UOK выбирается одно из приведенных ниже значений числа зубьев конической шестерни Z1.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Раздел 6. Дифференциал.

### Тема 6.1. Анализ и оценка конструкции.

Дифференциал — это механическое устройство, которое передает крутящий момент с одного источника на два независимых потребителя таким образом, что угловые скорости вращения источника и обоих потребителей могут быть разными относительно друг друга. Такая передача момента возможна благодаря применению так называемого планетарного механизма. В автомобилестроении, дифференциал является одной из ключевых деталей трансмиссии. В первую очередь он служит для передачи момента от коробки передач к колёсам ведущего моста.

В любом повороте, путь колеса оси,двигающегося по короткому (внутреннему) радиусу, меньше, чем путь другого колеса той же оси, которое проходит по длинному (внешнему) радиусу. В результате этого, угловая скорость вращения внутреннего колёса должна быть меньше угловой скорости вращения внешнего колеса. В случае с не ведущим мостом, выполнить это условие достаточно просто, так как оба колеса могут не быть связанными друг с другом и вращаться независимо. Но если мост ведущий, то необходимо передавать крутящий момент одновременно на оба колеса (если передавать момент только на одно колесо, то возможность управления автомобилем по современным понятиям будет очень плохой). При

жесткой же связи колёс ведущего моста и передачи момента на единую ось обоих колёс, автомобиль не мог бы нормально поворачивать, так как колеса, имея равную угловую скорость, стремились бы пройти один и тот же путь в повороте. Дифференциал позволяет решить эту проблему: он передаёт крутящий момент на отдельные оси обоих колёс (полуоси) через свой планетарный механизм с любым соотношением угловых скоростей вращения полуосей. В результате этого, автомобиль может нормально двигаться и управляться как на прямом пути, так и в повороте.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Тема 6.2. Нагрузки и основы расчета дифференциала.

В коническом дифференциале определяют нагрузки на зубья сателлитов, полуосевых шестерен, крестовину и нагрузки со стороны сателлитов на корпус дифференциала.

Нагрузку на зубья сателлита и полуосевых шестерен определяют из условия, что окружная сила распределена поровну между всеми сателлитами и каждый сателлит передает усилие двумя зубьями. Окружная сила, действующая на один сателлит,

$$P_c = M_{\text{кmax}} \cdot i_{\text{кп}} / (r_1 \cdot n_c),$$

где  $r_1$  — радиус приложения;  $n_c$  — число сателлитов

Напряжение изгиба определяется по ГОСТ 21354—87. Износ зубьев не учитывается.

Материал сателлитов и полуосевых шестерен: сталь 18ХГТ, 25ХГМ, 20ХН2М;  $[\sigma_i] = 500 \dots 800$  МПа.

Шип крестовины (18ХГТ, 20ХН3А и др.) под сателлитом испытывает:

- напряжение смятия

$$\sigma_{\text{см}} = P_c / (d_1 l), [\sigma_{\text{см}}] = 50 \dots 60 \text{ МПа};$$

- напряжение среза

$$\tau_{\text{ср}} = 4P_c / (\pi d_2), [\tau_{\text{ср}}] = 100 \dots 120 \text{ МПа};$$

- напряжение смятия в месте крепления в корпусе дифференциала под действием окружной силы  $P_d = M_{\text{кmax}} \cdot i_{\text{кп}} / (r_2 \cdot n_c)$ :

$$\sigma_{\text{см}} = P_d / (d_1 l_2), [\sigma_{\text{см}}] = 50 \dots 60 \text{ МПа}.$$

Давление торца сателлита на корпус дифференциала определяется напряжением смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = P_{\text{хс}} / F, [\sigma_{\text{см}}] = 10 \dots 20 \text{ МПа},$$

где  $P_{\text{хс}} = P_c \cdot \tan \alpha \cdot \sin \delta_c$  ( $\alpha$  — угол зацепления;  $\delta_c$  — половина угла конуса сателлита).

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Раздел 7. Рулевое управление.

### Тема 7.1. Анализ и оценка конструкции.

Рулевое управление предназначено для обеспечения движения автомобиля в заданном водителем направлении и наряду с тормозной системой является важнейшей системой управления автомобилем. На большинстве легковых автомобилей изменение направления движения осуществляется за счет поворота передних колес (кинематический способ поворота). Изменить направление движения можно и за счет подтормаживания отдельных колес. Силовой способ поворота положен в основу работы [системы курсовой устойчивости](#).

Рулевое управление современного автомобиля объединяет рулевое колесо с рулевой колонкой, рулевой механизм и рулевой привод.

Рулевое колесо воспринимает от водителя усилия, необходимые для изменения направления движения, и передает их через рулевую колонку рулевому механизму. Рулевое колесо выполняет также и информационную функцию. По величине усилий, характеру вибраций происходит передача водителю информации о характере движения. Диаметр рулевого колеса легковых автомобилей находится в пределах 380 - 425 мм, грузовых автомобилей – 440 – 550 мм. Рулевое колесо спортивных автомобилей имеет меньший диаметр.

Рулевая колонка обеспечивает соединение рулевого колеса с рулевым механизмом. Рулевая колонка представлена рулевым валом, имеющим несколько шарнирных соединений. В конструкции рулевой колонки предусмотрена возможность складывания при сильном фронтальном ударе, что позволяет снизить тяжесть травмирования водителя. На современных автомобилях предусмотрено механическое или электрическое регулирование положения рулевой колонки. Регулировка может производиться по вертикали, по длине или в обоих направлениях. В целях защиты от угона осуществляется механическая или электрическая блокировка рулевой колонки.

**Рулевой механизм** предназначен для увеличения, приложенного к рулевому колесу усилия, и передачи его рулевому приводу. В качестве рулевого механизма используются различные типы редукторов, которые характеризуются определенным передаточным числом. Наибольшее распространение на легковых автомобилях получил реечный рулевой механизм.

Реечный рулевой механизм включает шестерню, установленную на валу рулевого колеса и связанную с зубчатой рейкой. При вращении рулевого колеса рейка перемещается в одну или другую сторону и через рулевые тяги поворачивает колеса. Реечный рулевой механизм располагается, как правило, в подрамнике подвески автомобиля.

Рулевой привод предназначен для передачи усилия, необходимого для поворота, от рулевого механизма к колесам. Он обеспечивает оптимальное соотношение углов поворота управляемых колес, а также препятствует их повороту при работе подвески. Конструкция рулевого привода зависит от типа применяемой подвески.

Наибольшее распространение получил механический рулевой привод, состоящий из рулевых тяг и рулевых шарниров. Рулевой шарнир выполняется шаровым. Шаровой шарнир состоит из корпуса, вкладышей, шарового пальца и защитного чехла. Для удобства эксплуатации шаровой шарнир выполнен в виде съемного наконечника рулевой тяги. По своей сути рулевая тяга с шаровой опорой выступает дополнительным рычагом подвески.

Рулевое управление характеризуется множеством кинематических параметров, основными из которых являются четыре угла (схождения, развала, поперечного и продольного наклона оси поворота колеса) и два плеча (обкатки и стабилизации). В общем виде конструкция рулевого управления представляет собой компромисс кинематических параметров, т.к. вынуждена объединять противоречащие друг другу устойчивость движения и легкость управления.

Для уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяется усилитель рулевого управления. Применение усилителя обеспечивает точность и быстрое действие рулевого управления, снижает общую физическую нагрузку на водителя, а также позволяет устанавливать рулевые механизмы с меньшим передаточным числом. В зависимости от типа привода различают следующие виды усилителей рулевого управления: гидравлический, электрический и пневматический.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Тема 7.2. Нагрузки и основы расчета рулевого механизма.

1 Определяется угловое передаточное число рулевого механизма  $U_{рм}$

$$U_{рм} = \frac{2 \cdot R_k}{d_0 \cdot tg\gamma} = \frac{2 \cdot 38,2}{22 \cdot 22} = 0,16,$$

2 Определяем угловое передаточное число рулевого привода  $U_{рп}$

$$U_{pn} = \frac{l_2}{l_1},$$

где  $l_1$  - плечо сошки, мм;  
 $l_2$  - плечо поворотного рычага, мм.

$$l_1 = 26,5 \text{ мм}$$

$$U_{pn} = \frac{26,5}{38,2} = 0,7$$

3 Определяем угловое передаточное число рулевого управления  $U_\omega$

$$U_\omega = U_{pm} \cdot U_{pn} = 0,16 \cdot 0,7 = 0,112.$$

4 Определяется силовое передаточное число рулевого управления  $U_p$

$$U_p = U_\omega \cdot \eta_{\downarrow pm} \cdot \eta_{pn} \cdot \frac{R}{C},$$

где  $R$  - радиус рулевого колеса, мм;  
 $C$  - плечо обкатки управляемого колеса, мм;  
 $\eta_{\downarrow pm}$  - прямой КПД рулевого механизма;  
 $\eta_{pn}$  - КПД рулевого механизма.

$$U_p = 0,112 \cdot 0,76 \cdot 0,83 \cdot \frac{160}{57} = 0,2$$

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Раздел 8. Тормозное управление.

### Тема 8.1. Анализ и оценка конструкции.

Требования, предъявляемые к тормозам. Основные системы тормозов.

Во время движения автомобиля происходит постоянное изменение скорости не только по величине (при разгоне или торможении), но и по направлению (при повороте). Для замедления движения автомобиля вплоть до полной остановки, а также для удержания машины на стоянке служит тормозное управление.

У любого легкового автомобиля должны быть по крайней мере две тормозные системы: рабочая и стояночная. Рабочее торможение связано с регулированием скорости движения автомобиля, а стояночное — с удержанием его в неподвижном состоянии на поверхности дороги. Рабочее торможение возможно при движении с постоянной скоростью или даже с ускорением например при движении под уклон, с горы. Рабочее торможение может быть служебным и экстренным. Служебным принято считать торможение, вызывающее ускорение замедления не более 2...3 м/с<sup>2</sup>. Служебное торможение составляет более 90% полного числа торможений легкового автомобиля, т. а экстренное торможение весьма редко. Экстренное торможение, связанное с аварией или угрозой ее появления, называют аварийным.

При полном торможении автомобиль останавливается, а при частичном лишь слегка замедляет ход. Число полных торможений обычно невелико и в городских условиях движения не превышает 10... 15% общего числа торможений. Следовательно, основными видами рабочего торможения являются служебные и частичные.

К тормозному управлению предъявляются повышенные и весьма жесткие требования.

Тормозное управление должно постоянно обеспечивать безопасность движения легкового автомобиля. Это означает, что тормоза машины в любой момент времени и при любых условиях движения обязаны работать надежно, т. е. останавливать автомобиль с минимальным тормозным путем (расстояние, которое проходит автомобиль при торможении). Работа тормозов не должна быть причиной потери устойчивости движения.

Необходимо, чтобы тормозное управление работало безотказно. Даже при отказе (выходе из строя) какого-либо элемента тормозного управления торможение автомобиля должно сохранять достаточную работоспособность. Полный отказ в работе тормозного управления почти всегда приводит к аварии.

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

## Тема 8.2. Нагрузки и основы расчета тормозного механизма

1 Определить необходимый тормозной момент на передних (задних) колесах автомобиля  
 $M_{\text{тор}}$ , Н·м

$$M_{\text{тор1}} = \beta_n \frac{m_n \cdot r_y}{2} \cdot k_i \cdot j_{\text{тmax}} \text{ и } ,$$

- где  $m_n$  - полная масса автомобиля, кг;
- $\beta_n$  - номинальный коэффициент распределения суммарной тормозной силы;
- $r_y$  - динамический радиус колеса, м;
- $k_j$  - коэффициент запаса эффективности ( $k_j = 1,15 \dots 1,25$ );
- $j_{\text{тмф}}$  - нижний предел максимального замедления,  $\text{м/с}^2$ .

$$M_{\text{тор1}} = 0,53 \frac{1040 \cdot 0,283}{2} \cdot 1,2 \cdot 7 = 655,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тор2}} = (1 - 0,53) \cdot \frac{1040 \cdot 0,283}{2} \cdot 1,2 \cdot 7 = 581 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2 Определить разжимные силы, действующие на колодки тормозных механизмов

$$A' = \eta'_{\text{тм}} \cdot \frac{\mu \cdot h \cdot r_{\text{б}}}{C' \cdot (U_1 - \mu \cdot L_1)} \text{ и } A'' = \eta'_{\text{тм}} \cdot \frac{\mu \cdot h \cdot r_{\text{б}}}{C' \cdot (U_2 - \mu \cdot L_2)},$$

- где  $\eta'_{\text{тм}}$  - КПД учитывающий потери на преодоление сопротивления стержней пружин и их трение в опорах колодок ( $\eta'_{\text{тм}} = 0,88 \dots 0,93$ );
- $\mu$  - коэффициент трения пары колодки-барабан ( $\mu = 0,35$ );
- $h$  - расстояние от линии действия пружинных сил до опоры, м;
- $r_{\text{б}}$  - радиус барабана, м;
- $C'$  - расстояние от центра барабана до оси опоры, м.

А также

$$U_i = \frac{\cos(\frac{\beta_i}{2})}{2 \cdot \cos \sigma_i} \cdot \left[ \frac{\beta_i}{\sin \beta_i} + \cos(2 \cdot \sigma_i) \right] = \frac{\cos(63)}{2 \cdot \cos 9} \cdot \left[ \frac{126}{\sin 9} + \cos(2 \cdot 9) \right] = 36;$$

$$L_i = \frac{r_{\sigma}}{C'} - \cos \frac{\beta_i}{2} \cdot \sin \sigma_i = \frac{0,283}{0,086} - \cos \frac{126}{2} \cdot \sin 9 = 3,22,$$

где  $\beta_i$  - углы охвата фрикционных накладок, град;

$\sigma_i$  - углы несимметричности накладок, град.

$$A' = A'' = 0,9 \cdot \frac{,35 \cdot 0,172 \cdot 0,283}{0,086 \cdot (36 - 0,35 \cdot 3,22)} = 0,051 м$$

Тормозные механизмы с односторонним расположением опор:

$$M'_{\text{тор}} \neq M''_{\text{тор}}; P' = P'' = \frac{M_{\text{тор}}}{A' + A''}.$$

$$P' = P'' = \frac{655,15 + 581}{2 \cdot 0,051} = 12119,1 Н$$

3 Определить наибольшее значение давления рабочего тела в тормозном приводе  $P_{\text{вmax}}$  и  $P_{\text{жmax}}$ , Па

$$P_{\text{вmax}} = \frac{(P' + P'') \cdot d}{\eta_k \cdot F_{\text{эф}} \cdot l} \text{ и } P_{\text{жmax}} = \frac{4 \cdot P'}{\eta_y \cdot \pi \cdot d_y^2},$$

где  $\eta_k$  - КПД кулачкового привода ( $\eta_k = 0,66 \dots 0,68$ );

$d$  - плечо приложения разжимных сил, м;

$F_{\text{эф}}$  - эффективная площадь диафрагмы тормозных камер,  $м^2$ ;

$\eta_y$  - КПД рабочего тормозного гидроцилиндра ( $\eta_y = 0,95 \dots 0,97$ );

$d_{\text{ц}}$  - диаметр рабочего тормозного гидроцилиндра.

$$P_{\text{жmax}} = \frac{4 \cdot 12119,1}{0,95 \cdot 3,14 \cdot 0,022^2} = 33,6 МПа$$

*Активная форма ведения занятия – 0,5 час.*

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раз- дела дисци- плины</i>	<i>Наименование тем лабораторных работ</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Экспериментальное определение параметров кон- струкции и рабочего процесса сцепления грузо- вого автомобиля	0,5	-
2		Экспериментальное определение параметров ра- бочего процесса демпфера крутильных колебаний	0,5	-
3	7.	Экспериментальное определение параметров кон- струкции и рабочего процесса рулевого меха- низма грузового автомобиля.	0,5	-
4		Экспериментальное определение параметров кон- струкции и рабочего процесса рулевого привода грузового автомобиля	0,5	-
5	8.	Экспериментальное определение параметров ра- бочего процесса и нагрузки гидравличе- ского тормозного привода легкового автомобиля	0,5	-
6		Экспериментальное определение параметров ра- бочего процесса и нагрузки пневматиче- ского тормозного привода автопоезда	0,5	-
7	9.	Экспериментальное определение параметров тен- зометрического преобразователя « балка равного сопротивления»	0,5	-
8		Экспериментальное определение упругих свойств и напряженно-деформированного состояния ли- стовой рессоры легкового автомобиля	0,5	-
<b>ИТОГО</b>			<b>4</b>	<b>-</b>

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раз- дела дисци- плины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Определение основных конструктивных па- раметров и поверочный расчет элементов	2	-
2	3.	Определение основных конструктивных па- раметров и поверочный расчет элементов	2	-
3	4.	Поверочный расчет на прочность и жест- кость карданного вала и шарнира неравных угловых скоростей	1	-
4	5.	Определение основных конструктивных па- раметров и поверочный расчет на прочность	1	-
5	6.	Определение основных конструктивных па- раметров и поверочный расчет на прочность	1	Решение ситуа- ционных задач (1 час.)
6	7.	Определение основных конструктивных па- раметров и поверочный расчет на прочность и устойчивость	1	Решение ситуа- ционных задач (1 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>8</b>	<b>2</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект.

Цель:

- развить и закрепить навыки самостоятельной проектно-конструкторской деятельности бакалавров в области автомобилестроения.

Тематика курсового проекта по дисциплине формируется по следующим направлениям:

- конструирование агрегатов и систем автомобиля по техническому заданию;
- конструирование агрегатов и систем автомобиля по типуажу, находящемуся в производстве, но для других исходных данных;
- модернизация типовых конструкций агрегатов автомобилей;
- научно-исследовательское и опытно-конструкторское направление.

Содержание курсового проекта включает:

- анализ компоновочных схем автомобиля, тяговый расчет, расчет тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля, конструирование и расчет автомобильного агрегата или системы.

Структура и объём курсового проекта:

- пояснительная записка объемом 30...50 страниц, набранного на компьютере текста;
- графическая часть объемом 2 листа формата А1, включая диаграммы для оценки эксплуатационных свойств автомобиля (1 лист); технические рисунки или схемы агрегатов или систем аналогов (1 лист).

Выдача задания и защита курсовых проектов проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки курсового проекта
<b>отлично</b>	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Обучающийся демонстрирует знания схем, технических характеристик; умение выполнять расчеты узлов и агрегатов; владение навыками конструирования агрегатов и систем данной отрасли. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.
<b>хорошо</b>	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки в технико-экономическом анализе, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.
<b>удовлетворительно</b>	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.
<b>неудовлетворительно</b>	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.

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

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub> час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<b>ПК</b>					
		<b>8</b>	<b>9</b>				
<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> Нагрузочные и расчетные режимы	21,5	+	+	2	10,75	Лк, СР	Экзамен, КП
<b>2.</b> Сцепления	25,5	+	+	2	12,75	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<b>3.</b> Коробки передач	22,5	+	+	2	11,25	Лк, ПР, СР	Экзамен, КП
<b>4.</b> Карданные передачи	27,5	+	+	2	13,75	Лк, ПР, СР	Экзамен, КП
<b>5.</b> Главные передачи	16,5	+	+	2	8,25	Лк, ПР, СР	Экзамен, КП
<b>6.</b> Дифференциалы	16,5	+	+	2	8,25	Лк, ПР, СР	Экзамен, КП
<b>7.</b> Рулевые управления	22,5	+	+	2	11,25	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<b>8.</b> Тормозные управления	18,5	+	+	2	9,25	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<b>Всего часов</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. Вахламов, В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: Учебник для вузов / В. К. Вахламов. - Москва: Академия, 2006. – 220-440 с.
2. Рыков, С. П. Автомобили. Общие положения. Тяговый расчет: Учебное пособие по выполнению курсового проекта / С.П. Рыков. - 3-е изд., перераб. и доп. - Братск: БрГТУ, 2002. - 120 с.

## 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.	Сафиуллин, Р.Н. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства транспортных средств : учебник / Р.Н. Сафиуллин, А.С. Афанасьев, Р.Р. Сафиуллин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. - 313 с. : ил., схем., табл. - ISBN 978-5-4475-9658-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493346">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493346</a>	Лк, ПЗ	ЭР	1
2.	<b>Нарбут, А. Н.</b> Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. <b>Нарбут</b> . - Москва: Академия, 2007. - 256 с.	Лк, ЛР	10	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	<b>Вахламов, В. К.</b> Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник / В. К. <b>Вахламов</b> , М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский. - Москва: Академия, 2003. - 816 с.	ПЗ, ЛР	15	1
4.	<b>Осепчугов, В. В.</b> Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник / В. В. <b>Осепчугов</b> , А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.	ПЗ, ЛР	79	1
5.	<b>Лукин, П. П.</b> Конструирование и расчет автомобиля: учебник для вузов / П. П. <b>Лукин</b> , Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. - Москва: Машиностроение, 1984. - 376 с.	ПЗ, ЛР	96	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

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ/ лабораторных работ

#### Практическое занятие №1

Сцепление.

Цель работы:

Произвести расчет основных элементов и узлов сцепления.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Произвести поверочный расчет самых нагруженных элементов сцепления на прочность.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. Сафиуллин, Р.Н. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства транспортных средств : учебник / Р.Н. Сафиуллин, А.С. Афанасьев, Р.Р. Сафиуллин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. - 313 с. : ил., схем., табл. - ISBN 978-5-4475-9658-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493346> (21.02.2019).

Дополнительная литература

2. Вахламов, В. К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник/ В. К. Вахламов, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский. - Москва: Академия, 2003. - 816 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Устройство сцепления;
2. Нагрузочные режимы в сцеплении.

#### Практическое занятие №2

Карданный шарнир.

Цель работы:

Рассчитать на прочность карданный шарнир неравных угловых скоростей.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Произвести поверочный расчет самых нагруженных элементов карданной передачи.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

#### Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

#### Дополнительная литература

2. **Вахламов, В. К.** Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник/ В. К. **Вахламов**, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский. - Москва: Академия, 2003. - 816 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Устройство карданного шарнира;
2. Нагрузочные режимы в карданной передаче.

### **Практическое занятие №3**

Коробка передач.

#### Цель работы:

Произвести выбор основных параметров пары шестерен постоянного зацепления коробки передач.

#### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

#### Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающей в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

#### Задание для самостоятельной работы:

1. Рассмотреть кинематические связи агрегатов трансмиссии.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

#### Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

#### Дополнительная литература

2. **Вахламов, В. К.** Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник/ В. К. **Вахламов**, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский. - Москва: Академия, 2003. - 816 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Из каких агрегатов и узлов состоит трансмиссия?
2. Какова связь двигателя и трансмиссии?

### **Практическое занятие №4**

Подвеска автомобиля

#### Цель работы:

Определить основные параметры и произвести расчет многолистовой рессоры автомобиля.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Рассмотреть тормозной и нагрузочный режимы движения автомобиля.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

Дополнительная литература

3. **Осепчугов, В. В.** Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник / В. В. **Осепчугов**, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов состоит подвеска автомобиля?
2. Нагрузочные режимы элементов подрессоривания?

**Практическое занятие №5**

Рулевое управление.

Цель работы:

Определить угловые и силовые передаточные числа рулевого управления с нерасчлененной поперечной тягой привода.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Рассмотреть устройство рулевого управления.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

## Дополнительная литература

3. **Осепчугов, В. В.** Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник / В. В. **Осепчугов**, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов состоит рулевое управление?
2. Нагрузочные режимы элементов рулевого механизма?

### Практическое занятие №6

Тормозное управление

#### Цель работы:

Определить необходимые тормозные моменты на переднем и заднем колесах автомобиля, а также максимальные давления рабочего тела в тормозном приводе.

#### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

#### Форма отчетности:

Отчет по практической работе на листах А4 в рукописной или печатной форме включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

#### Задание для самостоятельной работы:

1. Рассмотреть устройство тормозной системы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

## Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

## Дополнительная литература

3. **Осепчугов, В. В.** Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник / В. В. **Осепчугов**, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов состоит тормозное управление?
2. Нагрузочные режимы элементов тормозного механизма?

### Лабораторная работа №1

Исследование рулевого механизма автомобиля ГАЗ – 53

#### Цель работы:

Целью работы является углубленное самостоятельное изучение рулевого механизма автомобиля, замер значений его основных параметров и экспериментальная проверка основных теоретических положений.

#### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

#### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме, включа-

ющий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Произвести поверочный расчет КПД рулевого привода.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

Дополнительная литература

3. **Осепчугов, В. В.** Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник / В. В. **Осепчугов**, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие типы рулевых механизмов используются на автомобиле?
2. Какими факторами определяется требуемая величина передаточных чисел рулевых механизмов?

Лабораторная работа №2

Исследование сцепления автомобиля ЗИЛ – 130

Цель работы:

Целью работы является углубленное самостоятельное изучение фрикционного сцепления автомобиля, замер его основных параметров и экспериментальная проверка основных теоретических положений расчета.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме, включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Последовательность регулировки сцепления.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

Дополнительная литература

4. **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля: учебник для вузов / П. П. **Лукин**, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. - Москва: Машиностроение, 1984. - 376 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как передаются крутящий момент на нажимной диск?
2. Какими деталями поглощается энергия крутильных колебаний?

#### Лабораторная работа №3

Определение напряженно - деформированного состояния листовой рессоры автомобиля ГАЗ-24

##### Цель работы:

- 1 Экспериментальное определение напряжений в листах рессоры от внешней нагрузки и сравнение их с расчетными;
- 2 Определение жесткости рессор.

##### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

##### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме, включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

##### Задание для самостоятельной работы:

1. Упругая характеристика рессоры. Методы определения.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

#### Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

#### Дополнительная литература

4. **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля: учебник для вузов / П. П. **Лукин**, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. - Москва: Машиностроение, 1984. - 376 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие элементы и устройства входят в состав подвески?
2. Как определяется нагрузка, прикладываемая к рессоре?

#### Лабораторная работа №4

Снятие и исследование статических и динамических характеристик комбинированного тормозного привода.

##### Цель работы:

Закрепление знаний в области пневматических тормозных приводов. Ознакомление с методикой и измерительными приборами, применяемыми при снятии статических и динамических характеристик тормозных приводов. Приобретение практических навыков снятия статических и динамических характеристик.

##### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

##### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме, включа-

ющий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Виды тормозных приводов. Особенности.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

Дополнительная литература

4. **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля: учебник для вузов / П. П. **Лукин**, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. - Москва: Машиностроение, 1984. - 376 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Недостатки гидравлического привода?
2. Какие элементы входят в состав станда?

**Лабораторная работа №5**

Снятие и исследование статических и динамических характеристик пневматического тормозного привода автопоезда.

Цель работы:

Закрепление знаний, в области пневматических тормозных приводов; ознакомление с методикой и измерительными приборами, применяемыми при снятии статических и динамических характеристик пневматических тормозных приводов; приобретение практических навыков снятия статических и динамических характеристик.

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме, включающий в себя развернутый расчет основных элементов и узлов.

Задание для самостоятельной работы:

1. Статическая и динамическая характеристики. Особенности.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. **Нарбут, А. Н.** Автомобили. Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для вузов / А. Н. **Нарбут**. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.

Дополнительная литература

4. **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля: учебник для вузов / П. П. **Лукин**, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. - Москва: Машиностроение, 1984. - 376 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Недостатки пневматического привода?
2. Какие элементы входят в состав стенда?

## **9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта**

Методические указания для выполнения курсового проекта имеют своей целью научить студентов системному подходу к решению комплексных вопросов, связанных с модернизацией агрегатов, узлов и механизмов автомобиля, правильно применять теоретические знания, практические навыки и умения, обучить студентов бакалавров навыкам использования руководящей, патентной и справочной информацией, знанию основных положений стандартов ЕСКД, закрепить знания, полученные при изучении общетехнических и специальных дисциплин, а также обеспечить единообразное оформление курсовых проектов без ограничения творческих инициатив студентов бакалавров.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Рабочие процессы и элементы расчета автомобиля» следует рассматривать как основной этап к подготовке к дипломному проектированию.

Пояснительная записка в переплетном виде и листы графического материала предоставляются руководителю для проверки не менее чем за 7–10 дней до его защиты.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графических материалов (ГМ).

ПЗ является основным документом курсового проекта, в котором приводится подробная информация о состоянии вопроса, обосновывается вариант решения задачи, приводятся результаты расчетов, излагаются пути конструктивных разработок и т. п. ПЗ в объеме составляет 40–60 страниц формата А4.

ГМ курсового проекта должен содержать чертежи общим объемом 2 листа формата А1 и выполнен на ватмане карандашом или черной тушью в соответствии с правилами ЕСКД и ЕСТД. Поощряется изготовление документации с помощью автоматизированных систем с применением соответствующих материалов и технических средств.

### **9.2.1 Организация курсового проекта**

#### ***Тематика курсового проекта:***

Ниже приведены темы курсового проекта для студентов бакалавров:

01. Автомобиль спортивный особо малого класса (4x2) - Карданная передача
02. Автомобиль спортивный особо малого класса (4x2) - Передняя подвеска
03. Автомобиль легковой особо малого класса (4x2) - Задний мост
04. Автомобиль легковой особо малого класса (4x2) - Коробка передач
05. Автомобиль легковой особо малого класса (4x2) – Сцепление
06. Автомобиль легковой малого класса (4x2) - Рулевое управление
07. Автомобиль легковой малого класса (4x2) - Передняя подвеска
08. Автомобиль легковой среднего класса (4x2) - Передняя подвеска
09. Автомобиль легковой среднего класса (4x2) - Рулевое управление
10. Автомобиль легковой среднего класса (4x2) – Коробка передач
11. Автомобиль легковой среднего класса (универсал) - Тормозное управление
12. Автомобиль легковой среднего класса (4x2) - Тормозное управление
13. Автомобиль легковой большого класса (4x2) – Коробка передач
14. Автомобиль легковой большого класса (4x2) - Задняя подвеска
15. Автомобиль легковой повышенной проходимости (4x4) - Раздаточная коробка передач
16. Автомобиль легковой повышенной проходимости (4x4) - Колёсный редуктор
17. Автомобиль легковой повышенной проходимости (4x4) - Задний мост
18. Автомобиль легковой повышенной проходимости (4x4) - Привод управляемых колес
19. Автомобиль грузовой общего назначения (4x2) – Сцепление
20. Автомобиль грузовой общего назначения (4x2) - Мост
21. Автомобиль грузовой общего назначения (4x2) - Тормозное управление
22. Автомобиль грузовой общего назначения (6x4) – Коробка передач

23. Автомобиль грузовой общего назначения (6x4) - Привод к ведущим колёсам
24. Автомобиль грузовой общего назначения (6x2) - Третий мост
25. Автомобиль грузовой специализированный (4x2) – Коробка передач
26. Автомобиль грузовой специализированный (4x2) - Задний мост
27. Автомобиль грузовой специализированный (4x2) - Дифференциал и полуоси
28. Автомобиль грузовой специализированный (4x2) - Тормозное управление
29. Автомобиль грузовой повышенной проходимости (4x4) - Передний мост
30. Автомобиль грузовой повышенной проходимости (6x6) - Раздаточная коробка
31. Автомобиль - самосвал (6x4) - Тормозное управление
32. Автомобиль - самосвал (6x4) - Колесо с редуктором
33. Автопоезд - Тягач (4x2) и одноосный полуприцеп - Задняя подвеска
34. Автопоезд - Тягач (4x2) и одноосный полуприцеп - Ведущий мост
35. Автопоезд - Тягач (4x2) и одноосный полуприцеп - Колесо с редуктором тягача
36. Автопоезд - лесовоз (6x6) - Гидроманипулятор для сортимента
37. Автомобиль - лесовоз (4x4) - Кран-самопогрузчик хлыстов
38. Автобус малого класса (4x2) - Рулевое управление
39. Автобус большого класса (4x2) - Колесо с редуктором

Студенты бакалавры выбирают темы курсового проекта, самостоятельно руководствуясь интересом к проблеме, своими личными предпочтениями, возможностями получения материалов и другими обстоятельствами. Студенты бакалавры могут изменить формулировку, предложить свою тему курсового проекта при условии ее соответствия тематикам дисциплины «Рабочие процессы и элементы расчета автомобиля».

Значимость курсового проекта возрастает при комплексном проектировании. Например, проектирование стенда для исследовательских работ, выполняемое группой из 2–4 студентов бакалавров. При этом каждый студент бакалавр прорабатывает свой вариант под эгидой руководителя группы, который направляет и координирует всю работу с учетом поставленных задач и потребности промышленного производства при непосредственном участии консультантов проекта. Подобные проекты, где студенты бакалавры могут в полной мере проявить общетеоретическую и инженерную подготовку, способность самостоятельно решать поставленных перед ним задач, должны быть ограничены реальными сроками, установленными для курсового проектирования. Трудоемкость работы каждого участника группы должна соответствовать требованиям, предъявляемым к отдельно взятому курсовому проекту.

Курсовые проекты, выполняемые с учетом реальных задач, имеют большую вероятность внедрения в производство или научные исследования.

#### ***Методика и алгоритм расчета агрегатов шасси автомобиля***

Проектный расчет, предлагаемый конструкторской разработки по шасси автомобиля направлен на определение основных параметров и расчет деталей проектируемого узла (системы, агрегата). В разделе должны быть приведены схемы сил и моментов, а также характер нагрузок, действующих на узел в процессе эксплуатации автотранспортного средства, приведен прочностной расчет основных деталей проектируемого узла; определены основные параметры узла, размеры деталей, их конфигурации, взаимные расположения деталей и комплектовку узла. В процессе расчетов также выбирают марки конструкционных материалов, назначают режимы термообработки, определяют необходимый запас прочности.

Раздел должен также включать описание конструкторской разработки и принцип ее действия, элементы технического обслуживания и особенности технической эксплуатации.

Объем раздела составляет 12–15 страниц.

Расчет конструкторской разработки типового характера производится в следующей последовательности:

- постановка задачи расчета;
- составление расчетной схемы (эскиза);
- выбор исходных данных для расчета и принимаемые допущения;
- анализ полученных результатов.

### **Заключение**

Основной задачей курсового и последующего дипломного проектирования является приобретение практических навыков инженерных расчетов при проектировании или модернизации узла или агрегата автомобиля, умение самостоятельно и творчески решать поставленные задачи при проектировании.

Основной целью настоящих методических указаний является помощь студентам бакалаврам в ориентации и выборе нужной информации по проектированию автомобиля, для чего, была специально подобрана и рекомендована студентам литература в соответствии с выбранным для модернизации узла или агрегата автомобиля.

Получив задание на курсовое проектирование, студент порой не знает как быть и с чего начинать. Поэтому студентам бакалаврам предлагается алгоритм расчета того или иного узла или агрегата автомобиля с учетом необходимых исходных данных.

### **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, № ЛР</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	№1-6
ЛР	Лаборатория рабочих процессов АТ	1. Стенд для проверки углов установки колес и рулевого управления грузовых автомобилей 2. Шинный стенд ШС-77 3. Гидропульсационный стенд 4. Шинный стенд СКН 5. Стенд «Тормозной гидропривод легкового автомобиля» 6. Стенд «Тормозной пневмопривод автомобиля КамАЗ» 7. Стенд «Рессора легкового автомобиля» 8. Стенд «Тормозной пневмопривод автопоезда» 9. Учебная мебель	№1-5
	Лаборатория рабочих процессов АТ	1. Стенд «Вариатор легковго автомобиля» 2. Стенд «Рулевой механизм грузового автомобиля»; 3. Стенд «Сцепление грузового автомобиля»; 4. Учебная мебель	-
КП	Читальный зал №1	10-ПК i5-2500/H67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D; Учебная мебель	-
СР	Читальный зал №1	10-ПК i5-2500/H67/4Gb(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
<b>ПК-8</b>	Готовность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию	<b>1.</b> Нагрузочные и расчетные режимы	1.1 Виды нагрузок, действующих на детали автомобиля.	Вопрос к экзамену № 1
		<b>2.</b> Сцепления	1.1 Нагрузки и основы расчета элементов сцепления.	Вопрос к экзамену № 2
		<b>3.</b> Коробки передач	1.1 Рабочий процесс инерционного синхронизатора; 1.2 Нагрузка и основы расчета	Вопрос к экзамену № 3, 4
		<b>4.</b> Карданные передачи	1.1 Кинематические и основные связи; 1.2 Нагрузки и основы расчета	Вопрос к экзамену № 5, 6
		<b>5.</b> Главные передачи	1.1 Уровень шума; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 7, 8
		<b>6.</b> Дифференциалы	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 9, 10
		<b>7.</b> Рулевые управления	1.1 Параметры оценки; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 11, 12
		<b>8.</b> Тормозные управления	1.1 Рабочий процесс; 1.2 Регуляторы тормозных сил и антиблокировочные устройства; 1.3 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 13, 14, 15
		<b>9.</b> Подвески	1.1 Характеристика упругости; 1.2 Анализ и оценка конструкций; 1.3 Нагрузки и основы расчета	Вопрос к экзамену № 16, 17, 18
		<b>10.</b> Мосты	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 19, 20
		<b>11.</b> Шины и колеса	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Вопрос к экзамену № 21, 22

<b>ПК-9</b>	Способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	<b>1. Нагрузочные и расчетные режимы</b>	<b>1.2</b> Нагрузочные режимы ходовой части и трансмиссии; <b>1.3</b> Методы расчета на статическую погрешность.	Вопрос к экзамену № 23, 24
		<b>2. Сцепления</b>	<b>1.2</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.3</b> Анализ и оценка конструкций; <b>1.4</b> Рабочий процесс.	Вопрос к экзамену № 25, 26, 27
		<b>3. Коробки передач</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций.	Вопрос к экзамену № 28, 29
		<b>4. Карданные передачи</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Вопрос к экзамену № 30
		<b>5. Главные передачи</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций.	Вопрос к экзамену № 31, 32
		<b>6. Дифференциалы</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Кинематические и динамические связи.	Вопрос к экзамену № 33, 34
		<b>7. Рулевые управления</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций рулевых механизмов и приводов.	Вопрос к экзамену № 35, 36
		<b>8. Тормозные управления</b>	<b>1.4</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.5</b> Анализ и оценка конструкций тормозных механизмов и приводов.	Вопрос к экзамену № 37, 38
		<b>9. Подвески</b>	<b>1.4</b> Требования, классификация, применяемость.	Вопрос к экзамену № 39
		<b>10. Мосты</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Вопрос к экзамену № 40
		<b>11. Шины и колеса</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Вопрос к экзамену № 41

## 2. Вопросы к экзамену

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наимено- вание раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-8	Способность разрабаты- вать и использо- вать графическую техническую доку- ментацию	1.1 Виды нагрузок, действующих на детали автомобиля	1. Нагрузочные и расчетные режимы
			2.1 Нагрузки и основы расчета элементов сцепления	2. Сцепления
			3.1 Рабочий процесс инерционного син- хронизатора;	3. Коробки передач
			3.2 Нагрузка и основы расчета	
			4.1 Кинематические и основные связи;	4. Карданные передачи
			4.2 Нагрузки и основы расчета	
			5.1 Уровень шума;	5. Главные передачи
			5.2 Нагрузки и основы расчета.	
			6.1 Анализ и оценка конструкций;	6. Дифферен- циалы
			6.2 Нагрузки и основы расчета.	
			7.1 Параметры оценки;	7. Рулевые управления
			7.2 Нагрузки и основы расчета.	
			8.1 Рабочий процесс;	8. Тормозные управления
			8.2 Регуляторы тормозных сил и антибло- кировочные устройства;	
			8.3 Нагрузки и основы расчета.	
			9.1 Характеристика упругости;	9. Подвески
			9.2 Анализ и оценка конструкций;	
9.3 Нагрузки и основы расчета				
10.1 Анализ и оценка конструкций;	10. Мосты			
10.2 Нагрузки и основы расчета.				
11.1 Анализ и оценка конструкций;	11. Шины и колеса			
11.2 Нагрузки и основы расчета.				
1.	ПК-9	Способность к уча- стию в составе кол- лектива исполните- лей в проведении исследования и мо- делирования транс- портных и транс- портно-технологиче- ских процессов и их элементов	1.2 Нагрузочные режимы ходовой части и трансмиссии;	1. Нагрузочные и расчетные режимы
			1.3 Методы расчета на статическую по- грешность.	
			2.2 Требования, классификация, применяе- мость;	2. Сцепления
			2.3 Анализ и оценка конструкций;	
			2.4 Рабочий процесс.	
			3.3 Требования, классификация, применяе- мость;	3. Коробки передач
			3.4 Анализ и оценка конструкций.	
			4.3 Требования, классификация, применяе- мость.	4. Карданные передачи
			5.3 Требования, классификация, применяе- мость;	
			5.4 Анализ и оценка конструкций.	5. Главные передачи
			6.3 Требования, классификация, применяе- мость;	
6.4 Кинематические и динамические связи.				

			<b>7.3</b> Требования, классификация, применяемость;	<b>7.</b> Рулевые управления
			<b>7.4</b> Анализ и оценка конструкций рулевых механизмов и приводов.	
			<b>8.4</b> Требования, классификация, применяемость;	<b>8.</b> Тормозные управления
			<b>8.5</b> Анализ и оценка конструкций тормозных механизмов и приводов.	
			<b>9.4</b> Требования, классификация, применяемость.	<b>9.</b> Подвески
			<b>10.3</b> Требования, классификация, применяемость.	<b>10.</b> Мосты
			<b>11.3</b> Требования, классификация, применяемость.	<b>11.</b> Шины и колеса

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> ПК-8: - принципиальные и компоновочные схемы, рабочие процессы агрегатов и систем ТиТТМО отрасли; ПК-9: - принцип работы, технические характеристики и основные конструктивные решения узлов и агрегатов ТиТТМО отрасли;</p> <p><b>Уметь</b> ПК-8: - выполнять стандартные виды компоновочных, кинематических, динамических и прочностных расчетов деталей и узлов ТиТТМО отрасли; ПК-9: - проводить технико-экономический анализ, комплексно обосновывать принимаемые и реализуемые решения;</p> <p><b>Владеть</b> ПК-8: – навыками конструирования агрегатов и систем ТиТТМО отрасли; – способностью к работе в малых инженерных группах</p> <p>ПК-9:</p>	<b>отлично</b>	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.
	<b>хорошо</b>	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.
	<b>удовлетворительно</b>	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные

– способностью к работе в малых инженерных группах		и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.
	<b>неудовлетворительно</b>	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.

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

Дисциплина «Рабочие процессы и элементы расчета автомобиля» направлена на ознакомление обучающегося с азами анализа конструкций автомобилей, оценке параметров рабочих процессов агрегатов и систем на прочность и жесткость элементов конструкций конструкции автомобиля; на получение теоретических знаний и практических навыков в отрасли автомобилестроения для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины «Рабочие процессы и элементы расчета автомобиля» предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- лабораторные работы;
- самостоятельная работа;
- курсовой проект;
- экзамен.

Обучающемуся необходимо овладеть навыками и умениями применения изученного материала для освоения базовых дисциплин, применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на объекты профессиональной деятельности.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующему вопросу: конструкция и рабочие процессы агрегатов автомобиля.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков исследования нюансов расчета автомобиля, его агрегатов и основных систем.

В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний на практическом уровне, более детальное ознакомление с конструкцией того или иного агрегата автомобиля.

Самостоятельную работу необходимо начинать с умения пользоваться библиотечным фондом вуза.

В процессе консультации с преподавателем уметь четко и корректно формулировать заданные вопросы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лабораторных занятий, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Рабочие процессы и расчеты автомобиля**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является обучение методам анализа конструкций автомобилей, оценке параметров рабочих процессов агрегатов и систем на прочность и жесткость элементов конструкций.

Задачей изучения дисциплины являются: участие в составе коллектива исполнителей в разработке проектов объектов профессиональной деятельности с учетом механико-технологических, эстетических, экологических и экономических требований; участие в составе коллектива исполнителей в проектировании деталей, механизмов, машин, их оборудования и агрегатов; участие в составе коллектива исполнителей в разработке конструкторской и технологической документации для ремонта, модернизации и модификации транспорта и транспортного оборудования; информационный поиск и анализ информации по объектам конструирования.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ЛК - 4 час; ЛР – 4 час; ПР – 8 час; СР – 155 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

#### **2.2 Основные разделы дисциплины:**

- 1 - Нагрузочные и расчетные режимы. Методы расчета;
- 2 - Сцепления;
- 3 - Коробки передач;
- 4 - Карданные передачи;
- 5 - Главные передачи;
- 6 - Дифференциалы;
- 7 - Рулевые управления;
- 8 - Тормозные управления;
- 9 - Подвески;
- 10 - Мосты;
- 11 - Шины и колесо.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-8 - способность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию;

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

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КП.**

*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 МиТ №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

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

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
<b>ПК-8</b>	Способность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию	<b>1.</b> Нагрузочные и расчетные режимы	1.1 Виды нагрузок, действующих на детали автомобиля.	Защита КП
		<b>2.</b> Сцепления	1.1 Нагрузки и основы расчета элементов сцепления.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>3.</b> Коробки передач	1.1 Рабочий процесс инерционного синхронизатора; 1.2 Нагрузка и основы расчета	Отчет по ПЗ, защита КП
		<b>4.</b> Карданные передачи	1.1 Кинематические и основные связи; 1.2 Нагрузки и основы расчета	Отчет по ПЗ
		<b>5.</b> Главные передачи	1.1 Уровень шума; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ, защита КП
		<b>6.</b> Дифференциалы	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ
		<b>7.</b> Рулевые управления	1.1 Параметры оценки; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>8.</b> Тормозные управления	1.1 Рабочий процесс; 1.2 Регуляторы тормозных сил и антиблокировочные устройства; 1.3 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>9.</b> Подвески	1.1 Характеристика упругости; 1.2 Анализ и оценка конструкций; 1.3 Нагрузки и основы расчета	Отчет по ПЗ
		<b>10.</b> Мосты	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ
		<b>11.</b> Шины и колеса	1.1 Анализ и оценка конструкций; 1.2 Нагрузки и основы расчета.	Отчет по ПЗ, защита КП

<b>ПК-9</b>	Способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	<b>1. Нагрузочные и расчетные режимы</b>	<b>1.2</b> Нагрузочные режимы ходовой части и трансмиссии; <b>1.3</b> Методы расчета на статическую погрешность.	Защита КП
		<b>2. Сцепления</b>	<b>1.2</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.3</b> Анализ и оценка конструкций; <b>1.4</b> Рабочий процесс.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>3. Коробки передач</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций.	Отчет по ПЗ
		<b>4. Карданные передачи</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>5. Главные передачи</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций.	Отчет по ПЗ
		<b>6. Дифференциалы</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Кинематические и динамические связи.	Отчет по ПЗ
		<b>7. Рулевые управления</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.4</b> Анализ и оценка конструкций рулевых механизмов и приводов.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>8. Тормозные управления</b>	<b>1.4</b> Требования, классификация, применяемость; <b>1.5</b> Анализ и оценка конструкций тормозных механизмов и приводов.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>9. Подвески</b>	<b>1.4</b> Требования, классификация, применяемость.	Отчет по ПЗ, ЛР
		<b>10. Мосты</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Отчет по ПЗ
		<b>11. Шины и колеса</b>	<b>1.3</b> Требования, классификация, применяемость.	Отчет по ПЗ, защита КП

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> ПК-8: - принципиальные и компоновочные схемы, рабочие процессы агрегатов и систем ТиТТМО отрасли;</p> <p>ПК-9: - принцип работы, технические характеристики и основные конструктивные решения узлов и агрегатов ТиТТМО отрасли;</p> <p><b>Уметь</b> ПК-8: - выполнять стандартные виды компоновочных, кинематических, динамических и прочностных расчетов деталей и узлов ТиТТМО отрасли;</p> <p>ПК-9: - проводить технико-экономический анализ, комплексно обосновывать принимаемые и реализуемые решения;</p> <p><b>Владеть</b> ПК-8: – навыками конструирования агрегатов и систем ТиТТМО отрасли; – способностью к работе в малых инженерных группах</p> <p>ПК-9: – способностью к работе в малых инженерных группах</p>	<b>отлично</b>	Обучающийся демонстрирует знания схем, рабочего процесса агрегатов и систем; умение применять графоаналитический метод построения; владение навыками конструирования и расчета деталей и узлов на прочность. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.
	<b>хорошо</b>	Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки в расчетах на прочность, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.
	<b>удовлетворительно</b>	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.
	<b>неудовлетворительно</b>	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.

	<b>зачтено</b>	При принятии отчета о практических или лабораторных работах учитывается полнота отчета по форме задания, внутреннее содержание по разделам, правильность полученных (посчитанных) данных, а также умение работать в малых группах. Знание по предмету демонстрируются на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей.
	<b>не зачтено</b>	Отчет о практических или лабораторных работах не содержит структуры, не отражает полноту вопроса, а также содержит разрозненные знания с существенными ошибками. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознаёт связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.

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):**

Рыков С.П., д.т.н., профессор кафедры МиТ

\_\_\_\_\_  
(подпись)

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 № \_\_\_\_\_