

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

УТВЕРЖДЕНА  
приказ ректора  
от «31» мая 2019 г. № 377-1

**Б1.В.ДВ.02.01 Трение и изнашивание узлов подвижного состава**

**рабочая программа дисциплины**

Специальность – 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация – Пассажирские вагоны

Квалификация выпускника – инженер путей сообщения

Форма и срок обучения – очная форма, 5 лет обучения; заочная форма, 6 лет обучения

Кафедра-разработчик программы – Вагоны и вагонное хозяйство

Общая трудоемкость в з.е. – 3 Формы промежуточной аттестации в семестрах/на курсах

Часов по учебному плану – 108 очная форма обучения:

зачет 7

заочная форма обучения:

зачет 5

**Очная форма обучения**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	7	Итого
Число недель в семестре	17	
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
– лекции	17	17
– практические (семинарские)	34	34
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>Зачет</b>		
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

**Заочная форма обучения**

**Распределение часов дисциплины по курсам**

Курс	5	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
– лекции	4	4
– практические (семинарские)	8	8
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>	<b>92</b>
<b>Зачет</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

УП – учебный план

ИРКУТСК

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1 Цели преподавания дисциплины	
1	формирование у специалиста теоретических знаний в области физических основ теории трения и изнашивания узлов подвижного состава
2	привитие навыков применения методов повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава
1.2 Задачи дисциплины	
1	изучение видов трения и изнашивания узлов подвижного состава
2	изучение физико-химических свойств поверхностных слоев трущихся тел, основных типов и характеристик смазочных материалов
3	ознакомление с особенностями основных методик расчета узлов трения и получения практических навыков их применения

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Б1.О.16 Общий курс железных дорог	
Б1.О.46 Нетяговый подвижной состав	
Б1.О.49 Основы конструирования вагонов	
Б2.О.01(У) Учебная - ознакомительная практика	
2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
1	Б3.01(Д) Выполнение выпускной квалификационной работы
2	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ПКС-1 Способен руководить работами на участке производства по техническому обслуживанию, ремонту и контролю технического состояния железнодорожного подвижного состава и механизмов	ПКС-1.2 Умеет применять знания технологии выполнения технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов / Умеет применять знания технологии выполнения технического обслуживания, подготовки и экипировки в рейс пассажирских поездов, методики выполнения и проверки качества проведения ремонта пассажирских вагонов	<b>Знать:</b> термины и определения основных понятий в области трения, изнашивания в соответствии с действующей нормативно-технической документацией; физико-химические свойства поверхностных слоев трущихся тел; виды расчетов узлов трения подвижного состава
		<b>Уметь:</b> производить расчеты узлов трения подвижного состава
		<b>Владеть:</b> выбором методов повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ												
Код	Наименование разделов, тем и видов работы	Очная форма					Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции	
		Семестр	Часы				Курс/сессия	Часы				
			Лек	Пр	Лаб	СР		Лек	Пр	Лаб		СР
1.0	Раздел 1. Основы износоустойчивости трения пар	7	8	18		19	5/установ	2	4		41	ПКС-1.2

1.1	Основные понятия и определения триботехники Основные понятия и определения трибологии. Контакт поверхностей. Микрогеометрия поверхностей. Нагрузка, скорость и температура в контакте	7	2				5/установ	1			1	
1.2	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: Характеристики микрогеометрии поверхности	7				2	5/установ				2	
1.3	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Актуальные задачи трибологии и триботехники» /Ср/	7				1	5/установ				2	
1.4	Актуальные задачи трибологии и триботехники	7		2			5/установ		2		2	
1.5	Физико-химические свойства поверхностных слоев трущихся тел Качество поверхности. Остаточные напряжения и микротвердость. Поверхностная энергия. Адсорбция и хемосорбция. Эффект Ребиндера. Химическая активность. Адгезия. Структура поверхности	7	2				5/установ				4	
1.6	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: Диффузия и химическая активность при трении: физика процессов, особенности. Особенности эффекта адсорбционного понижения прочности	7				2	5/установ				9	
1.7	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Характер взаимодействия между частицами вещества»	7				1	5/установ				2	
1.8	Характер взаимодействия между частицами вещества	7		4			5/установ				2	
1.9	Классификация видов трения и изнашивания Классификация видов трения. Классификация видов изнашивания. Пути снижения интенсивности изнашивания	7	2			2	5/установ	1			1	
1.10	Факторы, определяющие интенсивность изнашивания пар трения; виды механического и	7		4		1	5/установ				4	

	коррозионно-механического изнашивания											
1.11	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Причины и механизм образования видов трения и изнашивания»	7				2	5/установ				2	
1.12	Причины и механизм образования видов трения и изнашивания	7		4			5/установ				4	
1.13	Законы Кулона. Законы Кулона для трения скольжения. Законы Кулона для трения качения.	7	2			2	5/установ				2	
1.14	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: угол и конус трения; коэффициенты трения скольжения и трения качения, факторы, влияющие на их значения	7				2	5/установ				2	
1.15	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Применение законов Кулона для решения практических задач»	7				2	5/установ				2	
1.16	Применение законов Кулона для решения практических задач	7		4		2	5/установ		2		4	
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Конструктивные и технологические методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава</b>	7	6	8		20	5/установ	2	2		29	ПКС-1.2
2.1	Смазочные материалы, применяемые в трущихся узлах подвижного состава Требования к смазочным материалам. Смазочные материалы, применяемые в буксовых узлах подвижного состава. Смазочные материалы, применяемые для механизмов железнодорожных тормозов. Рельсовые и контактные смазочные материалы	7	2			2	5/установ				4	
2.2	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: железнодорожные смазки: типы и особенности применения	7				2	5/установ				2	

2.3	Конструкционные методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава. Выбор конструкционных материалов узлов трения подвижного состава с учетом их совместимости. Материалы, применяемые в узлах трения подвижного состава, их физико-механические и химические свойства	7	2			2	5/установ	1			3	
2.4	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: Способы оценки совместимости материалов пар трения. Задачи, решаемые конструктивными методами, направленными на повышение износостойкости деталей узлов трения	7				2	5/установ				2	
2.5	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Анализ совместимости материалов, применяемых в узлах трения подвижного состава»	7				2	5/установ				2	
2.6	«Анализ совместимости материалов, применяемых в узлах трения подвижного состава»	7		4		2	5/установ		2		4	
2.7	Технологические методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава. Классификация методов нанесения износостойких покрытий. Наплавка износостойких покрытий. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Методы упрочнения поверхностей деталей в узлах трения подвижного состава	7	2			2	5/установ	1			4	
2.8	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: Диффузионные покрытия. Механотермическое формирование износостойких покрытий. Задачи, решаемые технологическими методами, направленными на повышение	7				2	5/установ				2	

	износостойкости деталей узлов трения											
2.9	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Выбор методов упрочнения деталей подвижного состава в узлах трения»	7				2	5/установ				4	
2.10	Выбор методов упрочнения деталей подвижного состава в узлах трения	7		4		2	5/установ				2	
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Повреждаемость и износ трущихся деталей подвижного состава</b>	7	3	8		18	5/установ	-	2		22	ПКС-1.2
3.1	Основы расчета узлов трения. Принцип оценки работоспособности по предельным состояниям объекта. Расчет на износостойкость. Расчет коэффициента трения. Расчет толщины смазочного слоя. Расчет на заедание	7	2			4	5/установ				2	
3.2	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: Расчет температуры, расчет на контактную прочность в узлах трения	7				2	5/установ				2	
3.3	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Выполнение расчета узлов трения подвижного состава»	7				2	5/установ				4	
3.4	Выполнение расчета узлов трения подвижного состава	7		4		2	5/установ		1		4	
3.5	Анализ и характер повреждаемости и износа трущихся деталей подвижного состава Трибосистема: Пятник-подпятник. Трибосистема: Рельс – колесо – тормозная колодка. Трибосистема: Фрикционный клин – фрикционная планка	7	1			2	5/установ				4	
3.6	Изучение теоретического материала, выносимого на самостоятельную работу: оценка износа скользунов тележки грузового вагона	7				2	5/установ				2	
3.7	Проработка лекционного материала. Подготовка к практическому занятию «Оценка износа трущихся деталей подвижного состава»	7				2	5/установ				4	

3.8	Оценка износа трущихся деталей подвижного состава	7		4		2	5/уст анов		1		2	
	<b>Зачет</b>	7					5/зи мняя		4			ПКС-1.2

\* Код индикатора достижения компетенции проставляется или для всего раздела, или для каждой темы или для каждого вида работы.

<b>5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>
Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине: оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

<b>6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
<b>6.1 Учебная литература</b>				
<b>6.1.1 Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л1.1	Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. и др.	Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. <a href="http://booktech.ru/books/tribologiya/11173">http://booktech.ru/books/tribologiya/11173</a>	Издательство: Машиностроение, 2001	100% онлайн
Л1.2		ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения» <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200010805">http://docs.cntd.ru/document/1200010805</a>	М.: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 1992	100% онлайн
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л2.1	Буйносов А.П.	Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава, М.: Маш-гиз, 2010. — 478 с. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/35756/">https://e.lanbook.com/reader/book/35756/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л2.2	Гура Г.С.	Механика и трибология движения колесной пары в рельсовой колее, учеб. пособие. М.: Маршрут, 2004. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/35848/">https://e.lanbook.com/reader/book/35848/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л2.3	Воронин Н.Н., Зарембо Е.Г.	Технология конструкционных материалов, М.: ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. трансп.», 2013. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/58952/">https://e.lanbook.com/reader/book/58952/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л2.4	Майба И.А.	Повышение эксплуатационной эффективности фрикционных систем железнодорожного состава, М.: Маршрут, 2005. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/59878/">https://e.lanbook.com/reader/book/59878/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л2.5	Жарский И.М., Баршай И.Л., Свидуневич Н.А., Спиридонов Н.В.	Технологические методы обеспечения надежности деталей машин, М.: Маршрут, 2009. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/57981/">https://e.lanbook.com/reader/book/57981/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
<b>6.1.3 Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания/ Личный кабинет обучающегося	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн

ЛЗ.1	Колесников В.И. и др.	Лабораторные работы по дисциплине: «Трение и изнашивание узлов подвижного состава» Учебно-методическое пособие, РГУПС, Ростов-на Дону, 2013. <a href="https://docviewer.yandex.ru/view/">https://docviewer.yandex.ru/view/</a>	Иркутск: ИрГУПС, 2013	100% онлайн
<b>6.1.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания/ Личный кабинет обучающегося	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л4.1	Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. и др.	Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. <a href="http://booktech.ru/books/tribologiya/11173">http://booktech.ru/books/tribologiya/11173</a>	Издательство: Машиностроение, 2001	100% онлайн
Л4.2		ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения» <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200010805">http://docs.cntd.ru/document/1200010805</a>	М.: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 1992	100% онлайн
Л4.3	Буйносов А.П.	Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава, М.: Маш-гиз, 2010. — 478 с. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/35756/">https://e.lanbook.com/reader/book/35756/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л4.4	Гура Г.С.	Механика и трибология движения колесной пары в рельсовой колее, учеб. пособие. М.: Маршрут, 2004. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/35848/">https://e.lanbook.com/reader/book/35848/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л4.5	Воронин Н.Н., Зарембо Е.Г.	Технология конструкционных материалов, М.: ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. трансп.», 2013. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/58952/">https://e.lanbook.com/reader/book/58952/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л4.6	Майба И.А.	Повышение эксплуатационной эффективности фрикционных систем железнодорожного состава, М.: Маршрут, 2005 <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/59878/">https://e.lanbook.com/reader/book/59878/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л4.7	Жарский И.М., Баршай И.Л., Свидунович Н.А., Спиридонов Н.В.	Технологические методы обеспечения надежности деталей машин, М.: Маршрут, 2009. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/57981/">https://e.lanbook.com/reader/book/57981/</a>	СПб: Лань, 2016	100% онлайн
Л4.8	Колесников В.И. и др.	Лабораторные работы по дисциплине: «Трение и изнашивание узлов подвижного состава» Учебно-методическое пособие, РГУПС, Ростов-на Дону, 2013. <a href="https://docviewer.yandex.ru/view/">https://docviewer.yandex.ru/view/</a>	Иркутск: ИрГУПС, 2013	100% онлайн
<b>6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э.1	Сайт для студентов-железнодорожников <a href="http://www.pomogala.ru">http://www.pomogala.ru</a>			
Э.2	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>			
Э.3	Университетская библиотека online <a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>			
Э.4	Форум работников железнодорожного транспорта <a href="http://railway.kanaries.ru">http://railway.kanaries.ru</a>			
<b>6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)</b>				
<b>6.3.1 Перечень базового программного обеспечения</b>				
6.3.1.1	ОС Microsoft Windows XP Professional, количество – 227, лицензия № 44718499; ОС Microsoft Windows 7 Professional, количество – 100, лицензия № 49379844			
6.3.1.2	Офисный пакет Microsoft Office 2010, количество – 155, Лицензия № 48288083; Libre Office v. 5.2, свободно распространяемое ПО, <a href="https://ru.libreoffice.org">https://ru.libreoffice.org</a>			
<b>6.3.2 Перечень специализированного программного обеспечения</b>				
6.3.2.1	Не предусмотрено			
<b>6.3.3 Перечень информационных справочных систем</b>				
6.3.3.1	Информационно-справочная система «Техэксперт» <a href="http://www.cntd.ru/">http://www.cntd.ru/</a>			
<b>6.4 Правовые и нормативные документы</b>				



6.4.1	<p>1. ГОСТ Р 50740-95 Триботехнические требования и показатели. Принципы обеспечения. Общие положения, <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200026108">http://docs.cntd.ru/document/1200026108</a></p> <p>2. Распоряжение ОАО "Российские Железные Дороги" от 16 января 2015 г. №60р «Об утверждении концепции развития технологии лубрикации зоны контакта «колесо-рельс» в ОАО «Российские Железные Дороги».</p> <p>3. Инструкция по применению смазочных материалов на локомотивах и моторвагонном подвижном составе от 16 мая 2003 г. № ЦТ-940</p>
-------	--

<b>7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)</b>	
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	<p>Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий (семинарского типа), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (ноутбук, проектор, экран), служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты, таблицы), обеспечивающие тематические иллюстрации содержания дисциплины.</p> <p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521</p>
3	Мини депо (Е-00). Оснащение депо: учебные макеты узлов подвижного состава, стенды, измерительный инструмент, шаблоны
4	<p>Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС.</p> <p>Помещения для самостоятельной работы обучающихся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– читальные залы;</li> <li>– учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д -318, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507</li> </ul>

<b>8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ</b>	
Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>На лекциях закладываются основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме. Лекция раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрирует внимание студентов на наиболее сложных, узловых вопросах, стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий студент должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого материал, излагаемый преподавателем, студенту необходимо конспектировать.</p> <p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки. Обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий и наиболее часто употребляемые формулы дисциплины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов.</p> <p>К каждой лекции следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. При этом необходимо воспроизводить на бумаге все рассуждения, как имеющиеся, так и пропущенные в силу их простоты.</p>
Практические занятия	Цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.

	<p>На практическом занятии разбираются и решаются практические задания, задачи разного уровня сложности, возникающие в практической деятельности предприятия, с решением которых придется столкнуться обучающимся, подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины.</p> <p>К каждому практическому занятию студент должен изучить теоретический материал, прочитанный на лекции с целью применения его при решении задач, рекомендованную литературу, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение лекционного материала, самостоятельное изучение отдельных тем, дополнительную их подготовку к каждому лабораторному и практическому занятию в тематической последовательности, подготовку, выполнение и защиту курсовой работы, подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации по дисциплине.</p> <p>Методический материал обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы обучающихся на основе систематизированной информации по курсовой работе, темам лабораторных и практических занятий по дисциплине «Техническая диагностика подвижного состава»</p>
<p>Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИргУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет</p>	

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации по дисциплине**

**Б1.В.ДВ.02.01 Трение и изнашивание узлов подвижного состава**

**Приложение 1 к рабочей программе**

Специальность – 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация – Грузовые вагоны

ИРКУТСК

## 1. Общие положения

Фонд оценочных средств является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонды оценочных средств предназначены для использования обучающимися, преподавателями, администрацией Университета, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

В соответствии с требованиями действующего законодательства в сфере образования, оценочные средства представляются в виде ФОС для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, практике. С учетом действующего в Университете Положения о формах, периодичности и порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, в состав ФОС для проведения промежуточной аттестации по дисциплине включаются оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

– минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения ОПОП; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

– базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

– высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

## 2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования.

### Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Трение и изнашивание узлов подвижного состава» участвует в формировании компетенций:

ПКС-1.2 Умеет применять знания технологии выполнения технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов/Умеет применять знания технологии выполнения технического обслуживания, подготовки и экипировки в рейс пассажирских поездов, методики выполнения и проверки качества проведения ремонта пассажирских вагонов

### Программа контрольно-оценочных мероприятий

№	Неделя	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля (понятие/тем/раздел и т.д. дисциплины)	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>7 семестр</b>					
1	1	Текущий контроль	<b>Раздел 1. Основы износостойкости</b>	ПКС-1.2	Собеседование,

			<b>пар трения</b>		тестирование, кейс-задача (устно, письменно)
2	1	Текущий контроль	Основные понятия и определения триботехники Основные понятия и определения трибологии. Контакт поверхностей. Микрогеометрия поверхностей. Нагрузка, скорость и температура в контакте	ПКС-1.2	Собеседование
3	3	Текущий контроль	Актуальные задачи трибологии и триботехники	ПКС-1.2	Собеседование
4	3	Текущий контроль	Физико-химические свойства поверхностных слоев трущихся тел Качество поверхности. Остаточные напряжения и микротвердость. Поверхностная энергия. Адсорбция и хемосорбция. Эффект Ребиндера. Химическая активность. Адгезия. Структура поверхности	ПКС-1.2	Тест (письменно)
5	5	Текущий контроль	Характер взаимодействия между частицами вещества	ПКС-1.2	Собеседование
6	5	Текущий контроль	Классификация видов трения и изнашивания Классификация видов трения. Классификация видов изнашивания. Пути снижения интенсивности изнашивания	ПКС-1.2	Собеседование, решение кейс-задач
7	7	Текущий контроль	Факторы, определяющие интенсивность изнашивания пар трения; виды механического и коррозионно-механического изнашивания	ПКС-1.2	Тест (письменно)
8	7	Текущий контроль	Причины и механизм образования видов трения и изнашивания	ПКС-1.2	Кейс-задача, (письменно)
9	9	Текущий контроль	Законы Кулона. Законы Кулона для трения скольжения. Законы Кулона для трения качения.	ПКС-1.2	Собеседование
10	9	Текущий контроль	Применение законов Кулона для решения практических задач	ПКС-1.2	Собеседование
11	11	Текущий контроль	<b>Раздел 2.</b> <b>Конструктивные и технологические методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава</b>	ПКС-1.2	Собеседование, тестирование, кейс-задача (устно, письменно)
12	11	Текущий контроль	Смазочные материалы, применяемые в трущихся узлах подвижного состава Требования к смазочным материалам. Смазочные материалы, применяемые в буксовых узлах подвижного состава. Смазочные материалы, применяемые для механизмов железнодорожных тормозов. Рельсовые и контактные смазочные материалы	ПКС-1.2	Тест (письменно)
13	11	Текущий контроль	Конструкционные методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава. Выбор конструкционных материалов узлов трения	ПКС-1.2	Собеседование, решение кейс-задач

			подвижного состава с учетом их совместимости. Материалы, применяемые в узлах трения подвижного состава, их физико-механические и химические свойства		
14	13	Текущий контроль	«Анализ совместимости материалов, применяемых в узлах трения подвижного состава»	ПКС-1.2	Собеседование
15	13	Текущий контроль	Технологические методы повышения износостойкости трущихся деталей подвижного состава. Классификация методов нанесения износостойких покрытий. Наплавка износостойких покрытий. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Методы упрочнения поверхностей деталей в узлах трения подвижного состава	ПКС-1.2	Собеседование, решение кейс-задач
16	15	Текущий контроль	Выбор методов упрочнения деталей подвижного состава в узлах трения	ПКС-1.2	Собеседование
17	15	Текущий контроль	<b>Раздел 3. Повреждаемость и износ трущихся деталей подвижного состава</b>	ПКС-1.2	Собеседование, тестирование, кейс-задача (устно, письменно)
18	15	Текущий контроль	Основы расчета узлов трения. Принцип оценки работоспособности по предельным состояниям объекта. Расчет на износостойкость. Расчет коэффициента трения. Расчет толщины смазочного слоя. Расчет на заедание	ПКС-1.2	Тест (письменно)
19	17	Текущий контроль	Выполнение расчета узлов трения подвижного состава	ПКС-1.2	Собеседование
20	17	Текущий контроль	Оценка износа трущихся деталей подвижного состава	ПКС-1.2	Собеседование, решение кейс-задач
21	17	Текущий контроль	Анализ и характер повреждаемости и износа трущихся деталей подвижного состава Трибосистема: Пятник-подпятник. Трибосистема: Рельс – колесо – тормозная колодка. Трибосистема: Фрикционный клин – фрикционная планка	ПКС-1.2	Собеседование, решение кейс-задач
22	17	Промежуточная аттестация	Подготовка к зачету, зачет	ПКС-1.2	Зачет (устно, письменно)

\*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования. Описание шкал оценивания**

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки.

Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» или двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Собеседование	Средство контроля на практическом занятии, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Может быть использовано для оценки знаний обучающихся	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Кейс-задача	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, а также отдельных компетенций (в рамках дисциплины)	Задания для решения кейс-задачи (ситуационной задачи)
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий
4	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыки и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий (билетов) к зачету

### **Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета.**

#### **Шкала оценивания уровня освоения компетенций**

Шкалы оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций
«отлично»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий
«хорошо»	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
«удовлетворительно»	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного	Минимальный

		материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенции не сформированы

**Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости**

**Кейс-задача**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	Обучающийся излагает материал логично, грамотно, без ошибок; свободно владеет профессиональной терминологией; умеет высказывать и обосновать свои суждения; дает четкий, полный, правильный ответ на теоретические вопросы; организует связь теории с практикой
«хорошо»	Обучающийся грамотно излагает материал; ориентируется в материале; владеет профессиональной терминологией; осознанно применяет теоретические знания для решения кейса, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности. Ответ обучающегося правильный, полный, с незначительными неточностями или недостаточно полный
«удовлетворительно»	Обучающийся излагает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения задач, не может доказательно обосновать свои суждения; обнаруживается недостаточно глубокое понимание изученного материала
«неудовлетворительно»	У обучающегося отсутствуют необходимые теоретические знания; допущены ошибки в определении понятий, искажен их смысл, не решена задача. В ответе обучающийся проявляется незнание основного материала учебной программы, допускаются грубые ошибки в изложении, не может применять знания для решения задачи

**Критерии и шкала оценивания компьютерного тестирования**

Проверяемый уровень освоения компетенции/индикатора достижения компетенции	Рекомендуемое минимальное количество тестовых заданий	Рекомендуемые формы тестовых заданий
Минимальный	30	Тестовые задания с выбором одного правильного ответа из нескольких
		Тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов из множества ответов
		Тестовые задания на установление соответствия
		Тестовые задания на установление правильной последовательности
Базовый	7	Тестовые задания с закрытым конструируемым ответом (ввод одного или нескольких слов, цифры)
Высокий	3	Тестовые задания со свободно конструируемым ответом (интервью, эссе) Структурированный тест



### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Примеры типовых кейс-задач**

1. Какие виды отклонений поверхности Вы знаете?
2. Как отличают волнистость поверхности от шероховатости?
3. По каким составляющим оценивается качество поверхности?
4. Чем отличается контурная площадь контакта от фактической?
5. От чего зависит нагрузка и температура в контакте?
6. Чем сила трения качения отличается от силы трения скольжения?
7. Когда сила трения покоя становится предельной?
8. От каких факторов зависит интенсивность изнашивания?
9. Предложите мероприятия по снижению интенсивности изнашивания узлов подвижного состава.
10. Что называется углом и конусом трения?
11. В чем заключаются отличия прямых и обратных пар трения?
12. От каких факторов зависят антифрикционность и фрикционность материалов?
13. Перечислите основные критерии работоспособности подшипников.
14. Почему следует избегать сочетания одноименных вторичных структур в парах трения?
15. Какие группы технологических процессов по упрочнению деталей машин Вы знаете?
16. Для чего применяется пластическое деформирование деталей?
17. Конструкция специального трехроликового приспособления для обкатывания осей?
18. Особенности обкатывания и дробеструйной обработки поверхностей деталей?
19. Особенности центробежно-шариковой упрочняющей обработки поверхностей деталей?
20. Какие результаты позволяет получить технология плазменной поверхностной закалки колёсных пар?
21. В чем заключается условный расчет подшипников скольжения и подпятников?
22. Особенности выполнения теплового расчета подшипников скольжения?
23. Основные положения контактно – гидродинамической теории смазки?
24. Какой параметр необходимо найти при выполнении проекторочного расчета подшипников скольжения жидкостной смазки?
25. Какие рекомендации на этапе конструирования подшипников скольжения необходимо выполнить?
26. Причины и характер повреждаемости фрикционных клиньев?
27. Какой износ вертикальной и наклонной поверхностей фрикционных клиньев является допустимым?
28. Выполняемые технологические операции по восстановлению изношенных фрикционных клиньев. Когда необходимо устанавливать новые клинья?
29. Причины и характер повреждаемости фрикционных планок?
30. Какой износ фрикционных планок является допустимым?
31. Какие технологические операции по восстановлению изношенных фрикционных планок выполняются?
32. Причины и характер повреждаемости надрессорных балок в эксплуатации?
33. Какие технологические операции по восстановлению износов надрессорных балок выполняются?

#### **3.2 Перечень теоретических вопросов к зачету**

1. Характеристика этапов развития трибологии.
2. Существующие проблемы развития трибологии. Актуальные задачи трибологии и триботехники.
3. Изнашивание, износ и износостойкость. Основные понятия и определения.
4. Смазка, смазывание и смазочный материал. Основные понятия и определения.
5. Виды отклонений поверхности от идеальной геометрической формы. Макроотклонения и субмикрощероховатость.
6. Волнистость поверхности. Основные характеристики.
7. Шероховатости поверхности? Основные параметры и характеристики.
8. Классы шероховатости поверхности.
9. Качество поверхности. Физическая и геометрическая характеристики поверхности.
10. Номинальная, контурная и фактическая площади контакта. Нагрузка в контакте.
11. Скорость и температура в контакте.
12. Дефекты структуры твердых тел: точечные и линейные. Характеристика.
13. Адсорбция. Физическая адсорбция и хемосорбция, отличительные особенности.
14. Эффект Ребиндера. Внешний и внутренний адсорбционные эффекты, отличительные особенности.
15. Типы точечных дефектов структуры твердых тел.
16. Трение покоя. Трение качения. Характеристика, особенности.
17. Трение покоя. Трение скольжения. Характеристика, особенности.
18. Трение покоя. Трение качения с проскальзыванием. Характеристика, особенности.
19. Характеристика и виды механического изнашивания.
20. Характеристика и виды коррозионно-механического изнашивания.
21. Интенсивность изнашивания. Определение. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания.
22. Мероприятия по снижению интенсивности изнашивания узлов подвижного состава.
23. Первый и второй законы Кулона для трения скольжения. Физический смысл, формулы.
24. Третий и четвертый законы Кулона для трения скольжения. Физический смысл, формулы.
25. Законы Кулона для трения качения. Физический смысл, формулы.
26. Углом и конусом трения. Физический смысл, формулы.
27. Группы технологических процессов по упрочнению деталей машин.
28. Пластическое деформирование деталей. Область применения, особенности.
29. Конструкция специального трехроликового приспособления для обкатывания осей.
30. Особенности обкатывания и дробеструйной обработки поверхностей деталей.
31. Особенности центробежно-шариковой упрочняющей обработки поверхностей деталей.
32. Особенности технологии плазменной поверхностной закалки колёсных пар.
33. Классификация материалов деталей, используемых в узлах трения.
34. Правила сочетания материалов в узлах трения подвижного состава.
35. Смазки для букс подвижного состава железных дорог: ЖРО, ЛЗ-ЦНИИ. Тип, характеристики.
36. Смазки для механизмов железнодорожных тормозов: ЖТКЗ-65 и ЖТ-72. Тип, характеристики.
37. Условный расчет подшипников скольжения.
38. Особенности выполнения теплового расчета подшипников скольжения.
39. Основные положения контактно – гидродинамической теории смазки.
40. Особенности выполнении проектировочного расчета подшипников скольжения жидкостной смазки.
41. Рекомендации при конструировании подшипников скольжения.
42. Факторы, способствующие проскальзыванию колес колесных пар и появлению сил трения скольжения.

43. Влияние конусности бандажа колесных пар на величину удельного сопротивления движению.

44. Влияние виляния колес в рельсовой колее на величину удельного сопротивления движению.

45. Причины неточности установки колесных пар в раме тележки подвижного состава, и ее влияние на величину удельного сопротивления движению.

46. Причины и характер повреждаемости фрикционных клиньев. Допустимый износ вертикальной и наклонной поверхностей фрикционных клиньев.

47. Технологические операции по восстановлению изношенных фрикционных клиньев. Условия замены фрикционных клиньев.

48. Причины и характер повреждаемости фрикционных планок.

49. Технологические операции по восстановлению изношенных фрикционных планок. Условия замены фрикционных планок.

50. Причины и характер повреждаемости надрессорных балок в эксплуатации. технологические операции по восстановлению износов надрессорных балок.

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Собеседование	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Кейс-задача	Использование проблемных заданий, в которых обучающимся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, содержащую в себе необходимую, но неполную информацию для решения заданной проблемы.
Тест	Тестирование проводится в конце каждого раздела для оценки усвоенного материала.

Для организации и проведения промежуточной аттестации (в форме зачета) составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:

- перечень теоретических вопросов к зачету для оценки знаний;
- перечень типовых простых практических заданий к зачету для оценки умений;
- перечень типовых практических заданий к зачету для оценки навыков и (или) опыта деятельности.

Перечень теоретических вопросов и перечни типовых практических заданий разного уровня сложности к зачету обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

#### **Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме экзамена и оценивания результатов обучения**

Промежуточная аттестация в форме зачета проводится путем устного собеседования по билетам. Билеты составлены таким образом, что в каждый из них включал в себя теоретические вопросы и практические задания.


Билет содержит: два теоретических вопроса для оценки знаний и задачу (практическое задание). Теоретические вопросы выбираются из перечня вопросов к зачету.

Распределение теоретических вопросов и практических заданий по экзаменационным билетам находится в закрытом для обучающихся доступе. Разработанный комплект билетов (25 билетов) не выставляется в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, а хранится на кафедре-разработчике ФОС на бумажном носителе в составе ФОС по дисциплине.

На зачете обучающийся берет билет, для подготовки ответа на экзаменационный билет обучающемуся отводится время в пределах 45 минут. В процессе ответа обучающегося на вопросы и задания билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы.

Каждый вопрос/задание билета оценивается по четырехбалльной системе, а далее вычисляется среднее арифметическое оценок, полученных за каждый вопрос/задание. Среднее арифметическое оценок округляется до целого по правилам округления.

### Образец билета на зачет

 <p>2017-2018 учебный год</p>	<p><b>БИЛЕТ № 1</b></p> <p>на зачет по дисциплине «Трение и изнашивание узлов ПС» 7 семестр</p>	<p><b>Утверждаю:</b></p> <p>Зав. кафедрой «ВиВХ» ИрГУПС</p> <p>Железняк В.Н.</p> <p>_____</p> <p>(подпись)</p>
--	---	--

1. Виды отклонений поверхности от идеальной геометрической формы. Шероховатость поверхности и ее характеристики.
2. Характерные дефекты и поломки подшипников скольжения.
3. Определить силу  $F$ , необходимую для равномерного перемещения бруса по горизонтальной шероховатой поверхности. Исходные данные: коэффициент трения между брусом и поверхностью  $f = 0,6$ ; масса бруса  $m = 12$  кг; ускорение свободного падения  $g$  принять равным  $10$  м/сек<sup>2</sup>.

