ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I»

(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

*дисциплины*

«ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА» (Б1.Б.41)

для специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог»

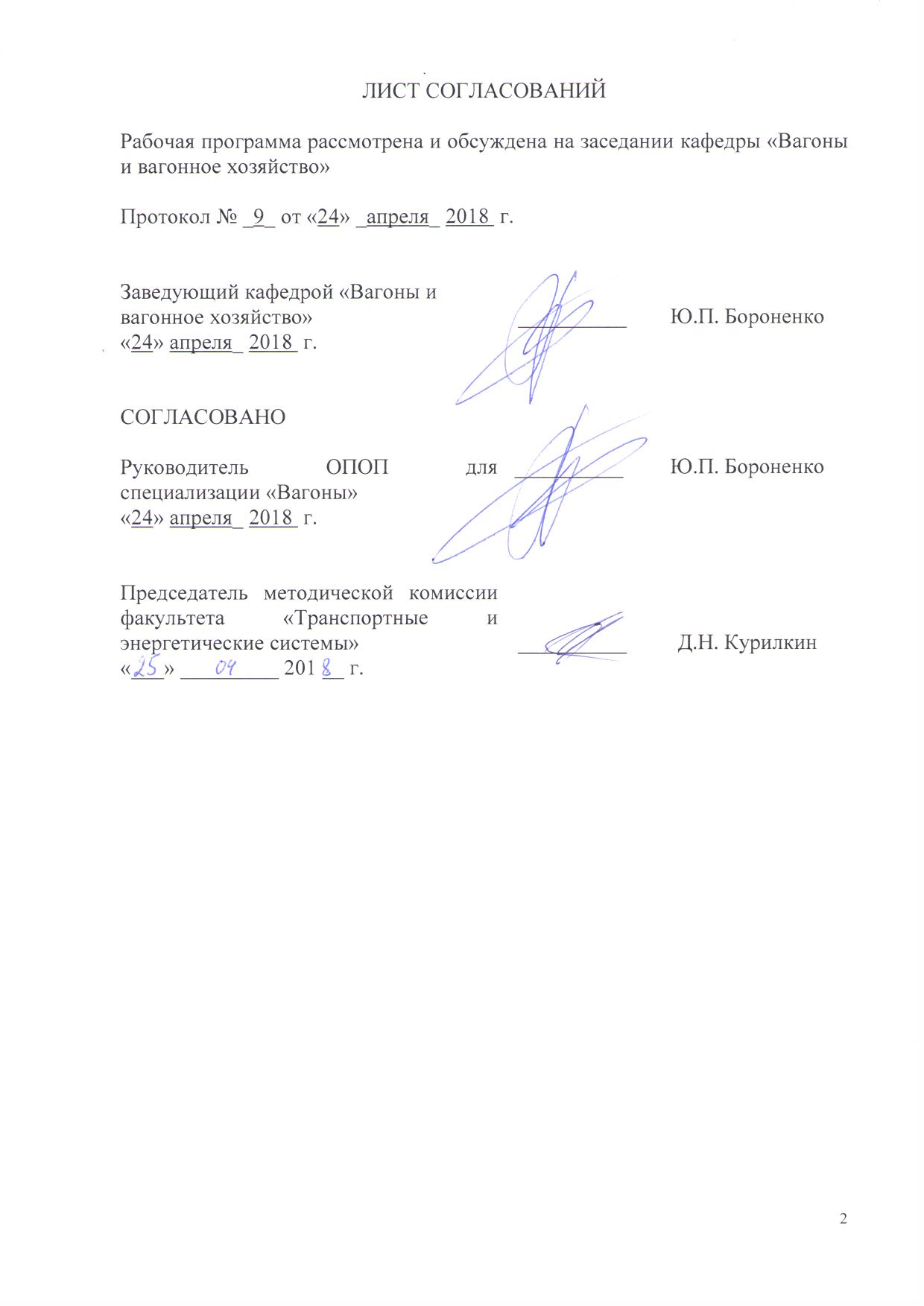
по специализации «Технология производства и ремонта подвижного состава»

Форма обучения – очная

Квалификация выпускника – инженер путей сообщения

Санкт-Петербург

2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры

«Вагоны и вагонное хозяйство»

Протокол № 9 от «24» апреля 2018 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Заведующий кафедрой  «Вагоны и вагонное хозяйство» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ю.П. Бороненко |
| «24» апреля 2018 г. |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Руководитель ОПОП для специализации «Технология производства и ремонта подвижного состава» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ю.П. Бороненко |
| «24» апреля 2018 г. |  |  |
|  |  |  |
| Председатель методической комиссии факультета «Транспортные и энергетические системы» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Д.Н. Курилкин |
| «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 \_\_ г. |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**1 Цели и задачи дисциплины**

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным «17» 10 2016 г., приказ № 1295, по направлению 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог», по дисциплине «Основы механики подвижного состава».

Целью изучения дисциплины «Основы механики подвижного состава» является приобретение знаний в области проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности на основе изучения современных методов расчета прочности и устойчивости несущих конструкций вагонов при различных типах нагружения, расчета динамических показателей вагонов и анализа безопасности от схода колес с рельсов, расчета динамической нагруженности несущих конструкций вагонов с использованием компьютерных технологий.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- ознакомление с основными положениями теории упругости и теории колебаний, применяемыми для расчета вагонов;

- применение современных компьютерных технологий для численного моделирования движения вагона, численного решения задач прочности и устойчивости сжатых конструкций;

- сопоставление результатов расчетов с существующей нормативной базой по требованиям к прочности и динамическим качествам.

**2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются: приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**ЗНАТЬ** основные положения теории колебаний и теории упругости, применяемые в расчетах подвижного состава; основы метода конечных элементов, применяемого для расчета прочности несущих конструкций; методы и критерии оценки прочности и динамических качеств вагонов; нормативные документы, задающие требования к прочности и динамическим качествам вагонов.

**УМЕТЬ** формировать расчетные схемы для математического моделирования колебаний вагонов и их составных частей, включая системы твердых тел, связей между ними, начальные условия и возмущения; формировать конечно-элементные модели для расчета прочности и устойчивости сжатых конструкций, включая геометрию, свойства материалов, кинематические и силовые граничные условия.

**ВЛАДЕТЬ** специализированным программным комплексом для моделирования движения рельсового подвижного состава; специализированным программным комплексом для моделирования прочности несущих конструкций методом конечных элементов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

* способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, исследовать динамику и прочность элементов подвижного состава, оценивать его динамические качества и безопасность (ОПК-7);
* владением основами расчета и проектирования элементов и устройств различных физических принципов действия (ОПК-13);
* способностью проводить экспертизу и анализ прочностных и динамических характеристик подвижного состава, их технико-экономических параметров, оценивать технико-экономические параметры и удельные показатели подвижного состава (ПК-13);
* способностью выполнять расчеты типовых элементов технологических машин и подвижного состава на прочность, жесткость и устойчивость, оценить динамические силы, действующие на детали и узлы подвижного состава, формировать нормативные требования к показателям безопасности, выполнять расчеты динамики подвижного состава и термодинамический анализ теплотехнических устройств и кузовов подвижного состава (ПК-19).

**3 Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина «Основы механики подвижного состава» (Б1.Б.41) относится к базовой части и является обязательной.

**4 Объем дисциплины и виды учебной работы**

Для очной формы обучения:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Всего часов** | **Семестр** | |
| **6** | **7** |
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 128 | 64 | 64 |
| В том числе: |  |  |  |
|   лекции (Л) | 64 | 32 | 32 |
|   практические занятия (ПЗ) | - | - | - |
|  лабораторные работы (ЛР) | 64 | 32 | 32 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 70 | 53 | 17 |
| Контроль | 54 | 45 | 9 |
| Форма контроля знаний | Экз, З, КП | Экз | З КП |
| Общая трудоёмкость: час / з.е. | 252/7 | 162/4,5 | 90/2,5 |

Примечания: «Форма контроля знаний» – экзамен (Э), зачет (З), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР), контрольная работа (КЛР).

**5 Содержание и структура дисциплины**

5.1 Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела  дисциплины | Содержание раздела |
| --- | --- | --- |
|  | Общие сведения по динамике подвижного состава | 1.1 Динамика вагонов, как составная часть науки о механике вагона, определяющая уровень динамических воздействий на элементы конструкции, устанавливающая качественные и количественные показатели, характеризующие безопасность его движения.  1.2 Элементы классической механики, используемые в задачах моделирования динамики вагонов. Общая структура моделирующих дифференциальных уравнений, методы их анализа. Входные параметры и выходные величины математических моделей. |
|  | Колебания вагона на рессорном подвешивании | 2.1 Общие сведения о факторах, способствующих возникновению колебаний вагонов. Характеристики вагонов, обуславливающие колебательные движения его деталей и узлов. Путь и его характеристики, влияющие на динамические процессы вагонов.  2.2 Общая характеристика систем рессорного подвешивания. Виды колебаний вагона в заданной системе координат. Расчетные схемы вагона, основанные на различных допущениях.  2.3 Собственные колебания кузова на рессорах с линейными упругими элементами без трения в подвешивании, с гасителем колебаний вязкого трения. Собственные частоты, собственные формы колебаний вагона как динамической системы. Разложение вынужденных колебаний в ряд по собственным формам.  2.4 Вынужденные колебания вагона на рессорах с ли­нейными упругими элементами без трения в подвешивании, с гасителем колебаний вязкого трения. Коэффициент динамической добавки, его зависимость от жесткости подвешивания и гашения колебаний. Критерии для оценки показателей динамических качеств вагона и их нормативные значения.  2.5 Динамические силы, возникающие при движении вагона и действующие на его несущие конструкции. Собственные и вынужденные колебания упругих тел под действием динамической нагрузки. Изгибные колебания балок. |
|  | Колебания колесной пары при движении по рельсам | 3.1 Извилистое движение одиночной колесной пары. Движение колесной пары со скольжением колес по рельсам. Зависимости, определяющие силы в контактном пятне колеса и рельса – силы крипа. Устойчивость колес против схода с рельсов. Критерий Надаля. |
|  | Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке | 4.1 Динамические силы, возникающие при маневровой работе и прохождении сортировочных горок. Динамические силы, возникающие при установившихся и переходных режимах движения поезда.  4.2 Поперечная устойчивость вагона на рессорах. Устойчивость вагона против опрокидывания при движении по кривым. |
|  | Общие сведения из теории упругости | 5.1 Понятие о напряжениях в точке тела. Главные напряжения.  5.2 Основные положения и уравнения теории упругости. Уравнения Ламе.  5.3 Определение эквивалентных напряжений (теории прочности). Нормативные документы в области оценки прочности несущих конструкций вагонов. |
|  | Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния | 6.1 Прикладные задачи теории упругости. Растяжение и сжатие. Задача Ламе.  6.2 Кручение, изгиб.  6.3 Напряжения в зонах геометрических концентраторов.  6.4 Расчет устойчивости сжатых конструкций.  6.5 Расчет собственных частот и форм колебаний упругих систем. |
|  | Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости | 7.1 Метод конечных элементов. Стержневые и балочные конечные элементы. Пластинчатые и оболочечные конечные элементы. Объемные конечные элементы.  7.2 Свойства материалов. Граничные условия (кинематические и силовые). |
|  | Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов | 8.1 Расчет конструкций вагонов с использованием стержневых конечно-элементных моделей  8.2 Моделирование стержней переменного сечения  8.3 Расчет конструкций вагонов с использованием пластинчато-стержневых конечно-элементных моделей. Многослойные пластины.  8.4 Расчет котла цистерны на прочность с использованием пластинчато-стрежневой конечно-элементной модели  8.5 Расчет конструкций вагонов с использованием объемных конечно-элементных моделей  8.6 Расчет конструкций вагонов с использованием объемных конечно-элементных моделей в пакете прикладных программ ANSYSWORKBENCH  8.7 Расчет устойчивости сжатых элементов. Расчет устойчивости котла цистерны  8.8 Расчет собственных частот и форм колебаний упругих систем |

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

**Для очной формы обучения**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | **Наименование разделов дисциплины** | **Л** | **ПЗ** | **ЛР** | **СРС** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
|  | Общие сведения | 6 | - | - | 8 |
|  | Колебания вагона на рессорном подвешивании | 12 | - | 20 | 8 |
|  | Колебания колесной пары при движении по рельсам | 6 | - | 8 | 9 |
|  | Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке | 6 | - | 4 | 9 |
|  | Общие сведения из теории упругости | 8 | - | - | 9 |
|  | Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния | 12 | - | - | 9 |
|  | Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости | 10 | - | 32 | 9 |
|  | Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов | 4 | - | 64 | 9 |

**6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование раздела** | **Перечень учебно-методического обеспечения** |
| 1 | Общие сведения | 1. Орлова А.М., Лесничий В.С., Рудакова Е.А., Комарова А.Н., Саидова А.В. Требования к динамическим качествам грузовых вагонов и методы их подтверждения: Учебное пособие. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – 37 с. 2. ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам». – М.: ВНИИЖТ, 2014. – 92 с. 3. ГОСТ 33788–2016 «Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества». – М.: ВНИИЖТ, 2014. ­ 78 с. |
| 2 | Колебания вагона на рессорном подвешивании |
| 3 | Колебания колесной пары при движении по рельсам |
| 4 | Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке |
| 5 | Общие сведения из теории упругости | 1. Огородникова О.М. Расчет конструкций в ANSYS. Сборник учебных пособий. – Техноцентр компьютерного инжиниринга, 2009. – 452 с. 2. Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: Учебное пособие. Издательство АСВ, – М.:, 2008. – 256 с. 3. Игнатьев В.А., Галишников В.В. Основы строительной механики. Издательство АСВ, – М.:, 2009. – 560 с. |
| 6 | Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния |
| 7 | Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости |
| 8 | Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов |

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы механики подвижного состава» является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» и утвержденным заведующим кафедрой.

**8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, нормативно-правовой документации и других изданий, необходимых для освоения дисциплины**

8.1 Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Огородникова О.М. Расчет конструкций в ANSYS. Сборник учебных пособий. – Техноцентр компьютерного инжиниринга, 2009. – 452 с.
2. Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: Учебное пособие. Издательство АСВ, – М.:, 2008. – 256 с.
3. Игнатьев В.А., Галишников В.В. Основы строительной механики. Издательство АСВ, – М.:, 2009. – 560 с.
4. Орлова А.М., Лесничий В.С., Рудакова Е.А., Комарова А.Н., Саидова А.В. Требования к динамическим качествам грузовых вагонов и методы их подтверждения: Учебное пособие. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – 37 с.

8.2 Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Лукин В.В., Анисимов П.С., Котуранов В.Н. и др. Конструирование и расчет вагонов: учебник. – М.: ФГОУ «УМЦ ЖДТ». 2011. – 688 с.
2. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела, т I, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. – 832 с.
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1974. – 560 с.
4. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагонов. М.: Транспорт, 1991, 360 с.
5. Котуранов В.Н., Хусидов В.Д., Быков А.И., Устич П.А. Нагруженность элементов конструкций вагонов. М.: Транспорт, 1991, 240 с.
6. Лазарян В. А. Динамика вагонов. Устойчивость движения и коле­бания. М.: Транспорт, 1964.
7. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М.: Транспорт, 1986.
8. Лесничий В.С., Орлова А.М. Компьютерное моделирование задач динамики железнодорожного подвижного состава. Ч. 2: Моделирование динамики пассажирских вагонов в программном комплексе MEDYNA: Учебное пособие. –С.-Пб.: ПГУПС, 2002. – 37 с.
9. Лесничий В.С., Орлова А.М. Компьютерное моделирование задач динамики железнодорожного подвижного состава. Ч. 3: Моделирование динамики грузовых вагонов в программном комплексе MEDYNA: Учебное пособие. –С.-Пб.: ПГУПС, 2002. – 35 с.
10. Бороненко Ю.П. Проектирование ходовых частей вагонов. Ч. 1: Проектирование рессорного подвешивания двухосных тележек грузовых вагонов: Учебное пособие / Бороненко Ю.П., Орлова А.М., Рудакова Е.А. – СПб.: ПГУПС, 2003. – 74 с. (Рекомендовано УМО, протокол №2 от 1-2.07.2003).
11. Лесничий В.С., Орлова А.М. Компьютерное моделирование задач динамики железнодорожного подвижного состава. Ч. 1: Основы моделирования в программном комплексе MEDYNA: Учеб. пособие; МПС РФ, ПГУПС. - Санкт-Петербург, 2001. - 32 с.

8.3 Перечень нормативно-правовой документации, необходимой для освоения дисциплины

1. ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам». – М.: ВНИИЖТ, 2014. – 92 с.
2. ГОСТ (проект) «Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества». – М.: ВНИИЖТ, 2014. ­ 78 с.
3. «Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) с изменениями и дополнениями 2000 и 2002 г.», ГосНИИВ-ВНИИЖТ, Москва, 1996.

**9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru>/ (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

2. Электронно-библиотечная система ibooks.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ibooks.ru/ — Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://e.lanbook.com/books — Загл. с экрана.

4. Сайт ОАО «РЖД», режим доступа [*www.RZD.ru*](http://www.RZD.ru)*.*

**10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины с помощью учебно-методического обеспечения, приведенного в разделах 6, 8 и 9 рабочей программы.
2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем (см. фонд оценочных средств по дисциплине).
3. По итогам текущего контроля по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. фонд оценочных средств по дисциплине).

**11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине,**

**включая перечень программного обеспечения и**

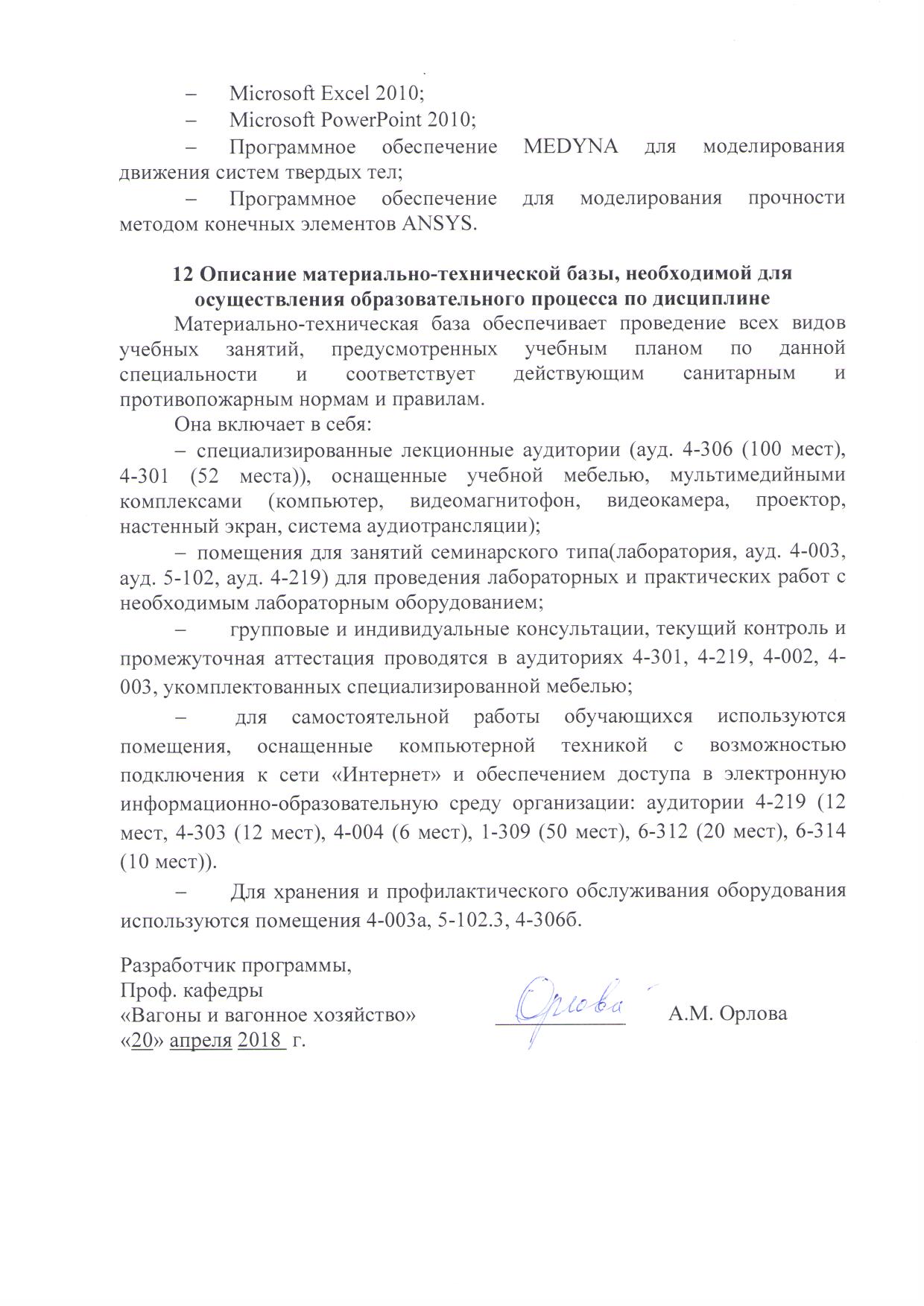
**информационных справочных систем**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Основы механики подвижного состава»:

* технические средства (компьютерная техника и средства связи (персональные компьютеры, проектор, интерактивная доска, акустическая система и т.д.);
* методы обучения с использованием информационных технологий (компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов, компьютерный лабораторный практикум и т.д.);
* перечень Интернет-сервисов и электронных ресурсов (поисковые системы, электронная почта, профессиональные, тематические чаты и форумы, онлайн-энциклопедии и справочники, электронные учебные и учебно-методические материалы).
* электронная информационно-образовательная среда Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://sdo.pgups.ru.

Дисциплина обеспечена необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения, установленного на технических средствах, размещенных в специальных помещениях и помещениях для самостоятельной работы: операционная система Windows, MS Office.

Кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство» обеспечена необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

* Microsoft Windows 7;
* Microsoft Word 2010;
* Microsoft Excel 2010;
* Microsoft PowerPoint 2010;
* Программное обеспечение MEDYNA для моделирования движения систем твердых тел;
* Программное обеспечение для моделирования прочности методом конечных элементов ANSYS.

**12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом по данной специальности и соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Она включает в себя:

* специализированные лекционные аудитории (ауд. 4-306 (100 мест), 4-301 (52 места)), оснащенные учебной мебелью, мультимедийными комплексами (компьютер, видеомагнитофон, видеокамера, проектор, настенный экран, система аудиотрансляции);
* помещения для занятий семинарского типа(лаборатория, ауд. 4-003, ауд. 5-102, ауд. 4-219) для проведения лабораторных и практических работ с необходимым лабораторным оборудованием;
* групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация проводятся в аудиториях 4-301, 4-219, 4-002, 4-003, укомплектованных специализированной мебелью;
* для самостоятельной работы обучающихся используются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: аудитории 4-219 (12 мест, 4-303 (12 мест), 4-004 (6 мест), 1-309 (50 мест), 6-312 (20 мест), 6-314 (10 мест)).
* Для хранения и профилактического обслуживания оборудования используются помещения 4-003а, 5-102.3, 4-306б.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разработчик программы,  Проф. кафедры  «Вагоны и вагонное хозяйство» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | А.М. Орлова |
| «20» апреля 2018 г. |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |