

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 «Вагоны»

Форма обучения – очная, заочная

Квалификация выпускника – инженер путей сообщения

Санкт-Петербург  
2016

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

Протокол № 9 от «25» 04 2017 г.

Программа актуализирована и продлена на 2017/2018 учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой «Вагоны и  
вагонное хозяйство»

«25» 04 2017 г.



Ю.П. Бороненко

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

Протокол № 1 от «30» 08 2017 г.

Программа актуализирована и продлена на 2017/2018 учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

«30» 08 2017 г.



Ю.П. Бороненко

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

Протокол №    от «  »    201    г.

Программа актуализирована и продлена на 201  /201   учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

«  »    201    г.

\_\_\_\_\_

Ю.П. Бороненко

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»

Протокол № 5 от «29» 11 2016 г.

Заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»

«29» 11 2016 г.



Ю.П. Бороненко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП для специализации «Вагоны»

«29» 11 2016 г.



Ю.П. Бороненко

Председатель методической комиссии факультета «Транспортные и энергетические системы»

«30» 11 2016 г.



В.В. Никитин

## 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)	140	68	72
В том числе:			
– лекции (Л)	70	34	36
– практические занятия (ПЗ)	-	-	-
– лабораторные работы (ЛР)	70	34	36
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	76	58	18
Контроль	36	36	-
Форма контроля знаний	Экз, 3, КП	Экз	3 КП
Общая трудоёмкость: час / з.е.	252/7	162/4,5	90/2,5

Для заочной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Курс	
		3	4
Контактная работа (по видам учебных занятий)	32	16	16
В том числе:			
– лекции (Л)	16	8	8
– практические занятия (ПЗ)	-	-	-
– лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	207	83	124
Контроль	13	9	4
Форма контроля знаний	Экз, 3, КП	Экз	3 КП
Общая трудоёмкость: час / з.е.	252/7	108/3	144/4

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
1	Общие сведения по динамике подвижного состава	<p>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.</p> <p>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.</p>
2	Колебания вагона на рессорном подвешивании	<p>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.</p> <p>2.2 Общая характеристика систем рессорного подвешивания. Виды колебаний вагона в заданной системе координат. Расчетные схемы вагона, основанные на различных допущениях.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
3	Колебания колесной пары при движении по рельсам	<p>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.</p>



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
4	Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке	<p>4.1 Динамические силы, возникающие при маневровой работе и прохождении сортировочных горок. Динамические силы, возникающие при установившихся и переходных режимах движения поезда.</p> <p>4.2 Поперечная устойчивость вагона на рессорах. Устойчивость вагона против опрокидывания при движении по кривым.</p>
5	Общие сведения из теории упругости	<p>5.1 Понятие о напряжениях в точке тела. Главные напряжения.</p> <p>5.2 Основные положения и уравнения теории упругости. Уравнения Ламе.</p> <p>5.3 Определение эквивалентных напряжений (теории прочности). Нормативные документы в области оценки прочности несущих конструкций вагонов.</p>
6	Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния	<p>6.1 Прикладные задачи теории упругости. Растяжение и сжатие. Задача Ламе.</p> <p>6.2 Кручение, изгиб.</p> <p>6.3 Напряжения в зонах геометрических концентраторов.</p> <p>6.4 Расчет устойчивости сжатых конструкций.</p> <p>6.5 Расчет собственных частот и форм колебаний упругих систем.</p>
7	Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости	<p>7.1 Метод конечных элементов. Стержневые и балочные конечные элементы. Пластинчатые и оболочечные конечные элементы. Объемные конечные элементы.</p> <p>7.2 Свойства материалов. Граничные условия (кинематические и силовые).</p>
8	Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов	<p>8.1 Расчет конструкций вагонов с использованием стержневых конечно-элементных моделей</p> <p>8.2 Моделирование стержней переменного сечения</p> <p>8.3 Расчет конструкций вагонов с использованием пластинчато-стержневых конечно-элементных моделей. Многослойные пластины.</p> <p>8.4 Расчет котла цистерны на прочность с использованием пластинчато-стержневой конечно-элементной модели</p> <p>8.5 Расчет конструкций вагонов с использованием объемных конечно-элементных моделей</p> <p>8.6 Расчет конструкций вагонов с использованием объемных конечно-элементных моделей в пакете прикладных программ ANSYSWORKBENCH</p> <p>8.7 Расчет устойчивости сжатых элементов. Расчет устойчивости котла цистерны</p> <p>8.8 Расчет собственных частот и форм колебаний упругих систем</p>

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
1	Общие сведения	6	-	-	-
2	Колебания вагона на рессорном подвешивании	18	8	24	26
3	Колебания колесной пары при движении по рельсам	6	4	8	6
4	Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке	6	6	4	4
5	Общие сведения из теории упругости	8	-	-	-
6	Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния	12	-	-	-
7	Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости	12	-	-	-
8	Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов	-	-	32	8

**Для заочной формы обучения:**

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6
1	Общие сведения	1	-	-	20
2	Колебания вагона на рессорном подвешивании	3	-	-	34
3	Колебания колесной пары при движении по рельсам	1	-	-	10
4	Колебания вагонов, вызванные действием продольных сил в поезде и при сортировке	1	-	-	10
5	Общие сведения из теории упругости	2	-	-	32
6	Основные задачи теории упругости, виды напряженно-деформированного состояния	2	-	-	32
7	Основы метода конечных элементов для решения задач теории упругости	4	-	-	32
8	Решение задач расчета вагонов с использованием метода конечных элементов	-	-	12	47



**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	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	2. Огородникова О.М. Расчет конструкций в ANSYS. Сборник учебных пособий. – Техноцентр компьютерного инжиниринга, 2009. – 452 с. 3. Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: Учебное пособие. Издательство АСВ, – М.:, 2008. – 256 с. 4. Игнатъев 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. Игнатъев 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. Соппротивление 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](http://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, видеомаягнитофон, 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»  
« 19 » 11 2016 г.



А.М. Орлова

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа по дисциплине «Основы механики подвижного состава» (Б1.Б.41) актуализирована без изменений.

Разработчик программы,  
Проф. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

\_\_\_\_\_ А.М. Орлова