

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Моделирование вагонов и процессов**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Пассажирские вагоны

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 3331  
Подписал: заведующий кафедрой Петров Геннадий Иванович  
Дата: 14.04.2023

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Дисциплина «Моделирование вагонов и процессов» ставит своей целью изучение студентами принципов и методов моделирования, умение разрабатывать математические модели реальных объектов и процессов и решать на их основе инженерные задачи с помощью современных средств вычислительной техники и стандартных пакетов прикладных программ.

Задачи дисциплины:

- изучение основных подходов к моделированию вагонов, общих для различных областей технических наук, не зависящих от конкретной специфики;
- изучение студентами методов моделирования: аналитических (точных) и численных (приближённых) для решения инженерных задач с помощью математических моделей;
- приобретение студентами практических навыков применения моделирования при решении задач вагоностроения и вагонного хозяйства, а в том числе алгоритмизации и программирования;
- овладение студентами навыками анализа результатов, полученных в процессе вычислительного эксперимента.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-1** - Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

основы методов математического моделирования

**Уметь:**

решать инженерные задачи вагоностроения и вагонного хозяйства с использованием методов математического моделирования

**Владеть:**

навыками разработки математических моделей и решения на их основе инженерных задач вагоностроения и вагонного хозяйства

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий                                       | Количество часов |         |
|---|------------------|---------|
|   | Всего            | Сем. №5 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 64               | 64      |
| В том числе:  |                  |         |
| Занятия лекционного типа                                  | 16               | 16      |
| Занятия семинарского типа                                 | 48               | 48      |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 44 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

### 4. Содержание дисциплины (модуля).

#### 4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | Уравнения теории стержней при расчетах рам вагонов |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание  |
|-------|---|
|       | Рассматриваемые вопросы:<br>- геометрические и физические соотношения теории стержней;<br>- гипотеза плоских сечений;<br>- применение принципа возможных перемещений и принципа Лагранжа для расчета стержней.  |
| 2     | Уравнения теории оболочек при расчетах кузовов вагонов на прочность<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- геометрические и физические соотношения теории оболочек;<br>- безмоментная теории оболочек.  |
| 3     | Уравнения теории оболочек при расчетах кузовов вагонов на прочность<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моментная, полубезмоментная теории оболочек;<br>- теория цилиндрических оболочек.  |
| 4     | Вариационные принципы в задачах динамики. Уравнение Лагранжа второго рода<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- энергетические принципы в аналитической динамике;<br>- уравнение Лагранжа второго рода.  |
| 5     | Вариационные принципы в задачах динамики. Уравнение Лагранжа второго рода<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- применение уравнения Лагранжа второго рода при расчете оболочек;<br>- применение уравнения Лагранжа второго рода в динамике вагонов.   |
| 6     | Вариационные принципы в задачах статики. Принцип Лагранжа<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- вариационные (энергетические) принципы в аналитической механике;<br>- принцип возможных перемещений.   |
| 7     | Вариационные принципы в задачах статики. Принцип Лагранжа<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- принцип Лагранжа;<br>- принцип Гамильтона.   |
| 8     | Уравнение теплопроводности при определении температурного поля конструкций вагонов<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- принципы составления уравнения баланса тепла в оболочке;<br>- сущность уравнения теплопроводности, удельная теплоемкость;<br>- основные тепловые потоки: теплопроводность, теплоотдача.<br>- получение уравнения теплопроводности оболочки котла цистерны;<br>- применение вариационного метода и аппроксимации;<br>- интегрирование дифференциального уравнения теплопроводности |

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание  |
|-------|---|
| 1     | Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени.<br>Составление уравнения теплопроводности<br>В результате формируются навыки:<br>- формирования расчетной схемы оболочки для составления уравнения теплопроводности;<br>- записи тепловых потоков, действующих на элемент оболочки; |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | - составления баланса тепла для малого элемента.  |
| 2        | <p>Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени.<br/>Составление уравнения теплопроводности</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получения дифференциального уравнения теплопроводности в частных производных.</li> </ul>   |
| 3        | <p>Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени.<br/>Применение вариационного метода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления функционала, соответствующего уравнению теплопроводности;</li> <li>- проверки функционала с применением уравнения Эйлера.</li> </ul>            |
| 4        | <p>Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени.<br/>Применение вариационного метода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения аппроксимации температурного поля;</li> <li>- интегрирования функционала с учетом принятой аппроксимации.</li> </ul>                             |
| 5        | <p>Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени. Алгоритм интегрирования по времени</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- преобразования дифференциального уравнения для интегрирования по времени;</li> <li>- получения точного решения зависимости температур от времени.</li> </ul> |
| 6        | <p>Математическая модель котла цистерны при воздействии очага пламени. Алгоритм интегрирования по времени</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения численного метода для интегрирования дифференциального уравнения по времени.</li> </ul>   |
| 7        | <p>Основы вариационного исчисления</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование основных понятий вариационного исчисления;</li> <li>- составления уравнения Эйлера.</li> </ul>   |
| 8        | <p>Основы вариационного исчисления</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления функционала;</li> <li>- составления условия его стационарности;</li> <li>- применения вариационного исчисления для уравнений математической физики.</li> </ul>  |
| 9        | <p>Математическая модель балки при изгибе. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор расчетной схемы балки при изгибе;</li> <li>- составления исходных уравнений изгиба стержней.</li> </ul>  |
| 10       | <p>Математическая модель балки при изгибе. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления дифференциального уравнения изгиба в перемещениях заданной расчетной схемы.</li> </ul>   |
| 11       | <p>Математическая модель балки при изгибе. составление уравнения на основе принципа Лагранжа</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения принципа Лагранжа для расчета балок.</li> </ul>  |
| 12       | <p>Математическая модель балки при изгибе. составление уравнения на основе принципа Лагранжа</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения аппроксимации.</li> </ul>  |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание   |
|----------|--|
| 13       | <p>Математическая модель балки при изгибе. составление уравнения на основе принципа Лагранжа</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления разрешающего уравнения для расчета балки на изгиб.</li> </ul>  |
| 14       | <p>Математическая модель балки при изгибе. составление уравнения на основе принципа Лагранжа</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчета балки в соответствии с полученной расчетной схемой.</li> </ul>   |
| 15       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбора расчетной схемы оболочек котлов цистерн различных моделей вагонов при динамическом расчете.</li> </ul>                            |
| 16       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения сил упругости, трения и инерции при колебаниях оболочки на примере котла цистерны.</li> </ul>                                |
| 17       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления исходных уравнений теории оболочек применительно к динамическим процессам рассматриваемой модели котла.</li> </ul>           |
| 18       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Исходные уравнения</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения сил упругости, трения и инерции при колебаниях оболочки.</li> </ul>  |
| 19       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Применение уравнения Лагранжа второго рода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления уравнения Лагранжа второго рода для цилиндрической оболочки.</li> </ul>                              |
| 20       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Применение уравнения Лагранжа второго рода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения аппроксимации двойными тригонометрическими рядами.</li> </ul>   |
| 21       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Применение уравнения Лагранжа второго рода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вычисления матриц жесткости, масс и демпфирования, вектора амплитуд внешних воздействий для оболочки.</li> </ul> |
| 22       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Применение уравнения Лагранжа второго рода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- интегрирования по времени разрешающего дифференциального уравнения.</li> </ul>                                   |
| 23       | <p>Математическая модель колебаний оболочки котла цистерны. Применение уравнения Лагранжа второго рода</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчета и подбора параметров оболочки котла заданной конструкции цистерны.</li> </ul>                            |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы  |
|----------|---|
| 1        | Освоение среды программирования Embarcadero C++ Builder                               |
| 2        | Подготовка к реализации методов математического моделирования на лабораторных работах |
| 3        | Выполнение курсовой работы.   |
| 4        | Подготовка к промежуточной аттестации.  |
| 5        | Подготовка к текущему контролю.   |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Разработка математической модели конструкции для выполнения расчётов (задаются варианты элементов, уровни нагрузок)

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| №<br>п/п | Библиографическое описание  | Место доступа  |
|----------|---|--|
| 1        | Элементы теории математических моделей : монография / А.Д. Мышкис. - М. : Физматлит, ВО "Наука", 1994. - 192 с. - ISBN 5-02-014850-4              | НТБ (уч.12); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.4)   |
| 2        | Сборник задач по линейной алгебре : учеб. пособие / И.В. Проскуряков. - 10-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2007. - 480 с. - ISBN 978-5-8114-0707-1 | НТБ (уч.2); НТБ (уч.13); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2)   |
| 3        | Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов / А.А. Самарский. - 3-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2005. - 288 с. - ISBN 5-8114-0602-9    | НТБ (фб.); НТБ (чз.11); НТБ (чз.2); НТБ (чз.4)   |
| 4        | Определение температурного поля котла цистерны в очаге пламени : метод. указ.   | <a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18971.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18971.pdf</a> (дата обращения: 01.02.2022) Текст: электронный. |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <p>к курс. и дипл. проектированию по дисц. "Конструирование и расчет вагонов" для студ. спец. "Вагоны" / С.В. Беспалько, С.С. Андриянов, В.М. Меланин . - М. : МИИТ, 2009. - 26 с.</p>   |   |
| 5 | <p>Определение напряженно-деформированного состояния котла цистерны : метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию по дисц. "Конструирование и расчет вагонов" С.В. Беспалько, С.С. Андриянов . - М. : МИИТ, 2009. - 30 с.</p> | <p><a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18970.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18970.pdf</a> (дата обращения: 01.02.2022) Текст: электронный.</p> |
| 6 | <p>Вариационное исчисление и интегральные уравнения : справочное руководство / Л.Я. Цлаф. - 3-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2005. - 192 с. - ISBN 5-8114-0596-0 Однотомное издание</p>  | <p>НТБ (уч.13); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)</p>   |
| 7 | <p>Прикладные численные методы в физике и технике : научное издание / Т.Е. Шуп; Пер. с англ. С.Ю.Славянова; Ред. С.П.Меркурьев. - М. : Высшая школа, 1990. - 255 с. - ISBN 5-06-001014-7</p>   | <p>НТБ (уч.13)</p>  |



6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>;

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) - <http://www.fcior.edu.ru/> ;

Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ" - <https://e.lanbook.com/>;

Электронно-библиотечная система "ЮРАЙТ" - <https://urait.ru/>;

Электронно-библиотечная система "BOOK.RU" - <http://www.book.ru/>;

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) - <http://ibooks.ru/>;

Электронно-библиотечная система «Академия» - <http://academia-moscow.ru/>;

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <http://www.znanium.com/>;

Информационный портал нормативных документов ОАО «РЖД» - <http://rzd.ru/>;

База нормативных документов (ГОСТ) - <https://docs.cntd.ru/document/>;

Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ - <http://library.miit.ru/>;

Информационно-справочный портал Проект Российской государственной библиотеки для молодежи - <http://www.library.ru/>.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

ОС MS Windows

MS Office 2007

Среда программирования C++ Builder

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Сетевой компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами на платформе IBM PC

Канал связи с Интернетом со скоростью не менее 5 Мбит/сек

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовая работа в 5 семестре.

## 10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

С.В. Беспалько

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВВХ

Г.И. Петров

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин