

**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)**

**Строительная механика вагонов**

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: 04.04.2025

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

Целями освоения учебной дисциплины является изучение основ теории расчета статической нагруженности несущих узлов и деталей вагонов, оценки их прочности и устойчивости при воздействии статических нагрузок, формирование компетенций в области теории расчета прочности и устойчивости узлов и деталей вагонов, необходимых при их проектировании, производстве, испытаниях, модернизации и эксплуатации, а также при разработке средств и путей повышения эксплуатационных характеристик (экономичности, надёжности, долговечности) вагонов.

Задачи дисциплины:

- получение знаний и навыков при использовании типовых методов расчёта прочности элементов вагонов, разработки методов и методик расчёта прочности, испытаний продукции;
- получение знаний и умений при разработке технических требований, технических заданий и технических условий на проекты вагонов или их узлов, организации и обработки результатов испытаний на прочность с использованием средств автоматизации и информационных технологий;
- получение опыта проведения расчетов и исследований, поиска и проверки новых технических решений по совершенствованию вагонов;
- получение знаний в области разработки планов, программ и методик проведения исследований прочности, анализ их результатов.

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

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

**ПК-4** - Способен формулировать и решать научно- технические задачи применительно к объектам подвижного состава и технологическим процессам.

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

### **Знать:**

методы моделирования нагруженности элементов конструкций при расчете прочность при действии статических нагрузок; особенности применения конкретных методов моделирования нагруженности конструкций к элементам и узлам подвижного состава при расчете их на прочность при действии статических нагрузок в инженерных расчётах

**Уметь:**

применять методы моделирования нагруженности элементов конструкций при расчете прочности при действии статических нагрузок

**Владеть:**

навыками применения методов моделирования нагруженности элементов конструкций при расчете прочности при действии статических нагрузок

**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            | Семестр №5 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 80               | 80         |
| В том числе:                                              |                  |            |
| Занятия лекционного типа                                  | 32               | 32         |
| 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 28 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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Типы несущих систем вагонов<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- классификация несущих систем;<br>- влияние прочности на работоспособность несущих систем вагонов.                                                                                                              |
| 2        | Кинематический анализ стержневых систем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- классификация связей стержневых систем;<br>- степень свободы стержневых систем.                                                                                                                    |
| 3        | Определение перемещений точек стержневых систем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- перемещение точек в статически определимых стержневых системах;<br>- определение относительных перемещений.                                                                                |
| 4        | Метод сил для расчета стержневых систем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- система канонических уравнений метода сил;<br>- матричный метод сил.                                                                                                                               |
| 5        | Метод перемещений для расчета статически неопределимых стержневых систем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- система канонических уравнений метода перемещений;<br>- матричный метод перемещений.                                                                              |
| 6        | Физическая и математическая модели объекта<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- моделирование работы элементов конструкций вагонов для условий статического нагружения                                                                                                          |
| 7        | Основные гипотезы и допущения строительной механики<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- принцип Сен-Венана;<br>- гипотеза плоских нормалей;<br>- понятие ортотропности.                                                                                                        |
| 8        | Обзор методов расчета строительной механики<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- аналитические, численные и вариационные методы расчета.                                                                                                                                        |
| 9        | Дифференциальные уравнения перемещений стержней при изгибе<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- статические, геометрические и физические уравнения описывающие напряженно-деформированное состояние стержня при изгибе.                                                         |
| 10       | Решение дифференциального уравнения изгиба методом прямого интегрирования<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- нахождение функции перемещений для различных граничных условий.                                                                                                  |
| 11       | Метод конечных разностей (МКР)<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- применение МКР к расчету стержневых элементов конструкций для различных условий закрепления и нагружения                                                                                                    |
| 12       | Вариационные принципы строительной механики и теории упругости<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- понятие о потенциальной и кинетической энергиях деформации упругих элементов;<br>- вариационные принципы, использующие свойства энергии в задачах моделирования напряженно- |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | деформированного состояния несущих узлов вагонов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13       | <p><b>Метод конечных элементов в статике несущих элементов подвижного состава</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование матрицы жесткости и вектора нагрузки конечного элемента;</li> <li>- формирование глобальной матрицы жесткости и вектора нагрузки;</li> <li>- учет граничных условий;</li> <li>- решение системы разрешающих уравнений;</li> <li>- определение усилий.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14       | <p><b>Метод Бубнова-Галеркина</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аппроксимация;</li> <li>- система базисных функций;</li> <li>- кинематические граничные условия;</li> <li>- применение метода к расчету стержневых элементов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15       | <p><b>Вариационный метод Ритца</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аппроксимация;</li> <li>- система базисных функций;</li> <li>- кинематические граничные условия;</li> <li>- применение метода к расчету стержневых элементов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16       | <p><b>Пластинчатые элементы в конструкциях подвижного состава. Оболочечные элементы в конструкциях подвижного состава</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы расчета напряженно-деформированного состояния плоских листовых элементов несущих конструкций подвижного состава;</li> <li>- системы статических, геометрических и физических уравнений, моделирующих плоское напряженное состояние листовой обшивки;</li> <li>- уравнения равновесия в перемещениях, как основной вид уравнений, моделирующих работу плоских листов;</li> <li>- возможные варианты учета влияния подкрепления листовых элементов гофрами, стержнями, накладками;</li> <li>- граничные условия;</li> <li>- наиболее часто применяемые методы решения;</li> <li>- моделирование работы оболочечных элементов конструкций вагонов для условий статического нагружения;</li> <li>- наиболее часто применяемые варианты теории оболочек;</li> <li>- моделирующие уравнения;</li> <li>- граничные условия;</li> <li>- методы анализа уравнений;</li> <li>- примеры применения этих уравнений к расчету кузовов.</li> </ul> |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>Определение относительных перемещений в статически определимых рамах</b></p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент учится строить эпюры изгибающих моментов и находить перемещения в статически определимых рамах</p> |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2        | Метод сил для расчета стержневых статически неопределимых рам<br>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык применения метода сил к расчету стержневых статически неопределимых систем                                               |
| 3        | Метод перемещений для расчета стержневых статически неопределимых систем<br>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык применения метода перемещений к расчету стержневых статически неопределимых систем                            |
| 4        | Решение дифференциального уравнения при растяжении-сжатии методом прямого интегрирования<br>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык учиться находить функции перемещений и деформаций для различных граничных условий             |
| 5        | Метод конечных разностей (МКР)<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится применять МКР к расчету стержневых элементов конструкций для различных условий закрепления при растяжении-сжатии                                                |
| 6        | Метод конечных элементов (МКЭ) в статике несущих элементов подвижного состава<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится применять МКЭ к расчету стержневых элементов конструкций для различных условий закрепления при растяжении-сжатии |
| 7        | Метод Бубнова-Галеркина<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится применять метод Бубнова-Галеркина к расчету стержневых элементов конструкций для различных условий закрепления при растяжении-сжатии                                   |
| 8        | Вариационный метод Ритца<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится применять метод Ритца к расчету стержневых элементов конструкций для различных условий закрепления при растяжении-сжатии                                              |
| 9        | Пластинчатые элементы в конструкциях подвижного состава<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится исследовать напряженно-деформированного состояния полувагона с применением программы PlaSt.                                            |
| 10       | Оболочечные элементы в конструкциях подвижного состава<br>В результате выполнения лабораторной работы студент учится Исследовать напряженно-деформированного состояния котла цистерны с применением программы PlaSt.                                         |

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Построения расчетных схем несущих элементов вагонов<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример формирования расчетной схемы несущих элементов вагонов;<br>- формирование расчетной схемы заданного элемента вагона.                                                                                                    |
| 2        | Применение стержневых систем при расчете вагонов<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример формирования расчетной схемы стержневой системы;<br>- формирование расчетной схемы с помощью стержней для заданного элемента конструкции.                                                                                  |
| 3        | Применение пространственных стержневых систем<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример применения пространственных стержневых систем при расчете вагонов;<br>- описание связей элементов системы;<br>- формирование расчетной пространственной схемы заданного элемента вагона с применением связей различных типов. |
| 4        | Статические нагрузки<br>Рассматриваемые вопросы:                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | - пример определения величины и мест приложения статических нагрузок на элементы вагонов;<br>- формирование схемы приложения и величины статических нагрузок на заданный элемент конструкции.                                                              |
| 5        | Динамические нагрузки<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример определения величины и мест приложения динамических нагрузок на элементы вагонов;<br>- формирование схемы приложения и величины динамических нагрузок на заданный элемент конструкции.       |
| 6        | Дифференциальные уравнения перемещений стержней при изгибе<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример составления дифференциальных уравнений стержневой системы при изгибе;<br>- формирование дифференциальных уравнений стержней заданной системы при изгибе |
| 7        | Пластинчатые элементы конструкции<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример формирования расчетной схемы с пластинчатыми элементами;<br>- формирование расчетной схемы с помощью пластинчатых элементов для заданной системы.                                |
| 8        | Оболочные элементы конструкций<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пример формирования расчетной схемы системы с оболочными элементами;<br>- формирование расчетной схемы заданной системы с оболочными элементами.                                           |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы                              |
|----------|---------------------------------------------------------|
| 1        | Подготовка к лабораторным работам                       |
| 2        | Работа с конспектом лекций, рекомендованной литературой |
| 3        | Выполнение курсовой работы.                             |
| 4        | Подготовка к промежуточной аттестации.                  |
| 5        | Подготовка к текущему контролю.                         |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Расчет оси колесной пары. Построение эпюры моментов, поперечных сил

Построение расчетных схем стержневых структур, образующих несущие узлы вагонов. Расчет боковой рамы тележки методом сил.

Расчет боковой рамы тележки с применением принципа Кастильяно

Применение метода Ритца к расчету вагонных конструкций

Применение метода Бубнова-Галеркина к расчету вагонных конструкций

Расчет устойчивости котлов цистерн с применением формулы Папковича

Расчет корпуса поглощающего аппарата

Исследование напряженно-деформированного состояния платформ с

применением программы PlaSt

Исследование напряженно-деформированного состояния полувагонов с применением программы PlaSt

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

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                        | Место доступа                                                                                                                                          |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Тухфатуллин, Б. А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов : учебное пособие для вузов / Б. А. Тухфатуллин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 157 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08899-1. — Текст : электронный // | Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/541343">https://urait.ru/bcode/541343</a> (дата обращения: 25.04.2024). |
| 2        | Тухфатуллин, Б. А. Строительная механика. Расчет статически неопределимых систем : учебное пособие для вузов / Б. А. Тухфатуллин, Р. И. Самсонова, Л. Е. Путеева. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 155 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14120-7. — Текст : электронный //        | Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/544120">https://urait.ru/bcode/544120</a> (дата обращения: 25.04.2024). |

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

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

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

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

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

ОС Windows (вер. не ниже 2007);

Майкрософт Офис 365.

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

Рабочее место преподавателя с персональным компьютером,



подключённый к сети INTERNET;

Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской;

Компьютерный класс с рабочими местами обучающихся, подключёнными к INTERNET.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 5 семестре.

Экзамен в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

Т.А. Фролова

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

И.В. Плотников

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВВХ

Г.И. Петров

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин