

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 01.09.2023 10:43:58  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан Транспортного факультета  
*Райсберг* П. Итурралде/

« 01 » ..... июля ..... 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Устойчивость механических систем»**

Специальность

**23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»**

Профиль

**Динамика и прочность транспортно-технологических систем**

Квалификация (степень) выпускника

**Специалист**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2019 г.

## **1. Цели освоения дисциплины.**

К **основным целям** освоения дисциплины «Устойчивость механических систем» следует отнести:

- формирование знаний у студентов о современных принципах и методах исследования механических систем на устойчивость при действии внешних нагрузок;
- подготовка специалистов в области проектирования и расчета механических конструкций и систем с учетом их устойчивости под действием внешних нагрузок.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Устойчивость механических систем» следует отнести:

- освоение принципов моделирования инженерных конструкций и методов расчета конструкций на устойчивость;
- выработка умения анализировать поведение и предотвращать возможную потерю устойчивости инженерными конструкциями.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП.**

Дисциплина «Устойчивость механических систем» относится к числу профессиональных учебных дисциплин по выбору (Б1) основной образовательной программы.

«Устойчивость механических систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В базовой части цикла (Б1.1):*

- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов;
- Математика.

*В вариативной части цикла (Б1.2):*

- Прикладные методы расчетов на прочность;
- Прочность машин и аппаратов.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-----------------|--|--|
| ПК-9            | способностью сравнивать по критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности                               | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем</li> </ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать результаты расчетов</li> </ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций</li> </ul>                     |
| ПК-3            | способностью проводить техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработку предложений по их реализации  | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости</li> </ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить исследование конструкций на устойчивость</li> </ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами расчета машин и конструкций на устойчивость</li> </ul>                       |
| ПСК-1.3         | способностью определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы расчета элементов машин и инженерных конструкций на устойчивость</li> </ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи</li> </ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью анализировать полученные результаты расчета</li> </ul> |

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных единицы, т.е. **144** академических часов (из них 72 часов – самостоятельная работа студентов).

На четвертом курсе в **восьмом** семестре выделяется **4** зачетные единицы, т.е. **144** академических часа (из них 72 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Устойчивость механических систем» изучаются на четвертом курсе.

**Восьмой семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 2 часа в неделю (36 часов), форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Устойчивость механических систем» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

## **Содержание разделов дисциплины.**

### **Восьмой семестр**

#### **1. Введение в устойчивость механических систем.**

Основные понятия устойчивости положений равновесия упругих систем. Неоднозначность состояний равновесия упругих систем. Исходное и отклоненное состояния равновесия. Необходимость составления уравнений равновесия для отклоненного состояния.

#### **2. Устойчивые и неустойчивые состояния равновесия.**

Теорема Лагранжа-Дирихле. Полная потенциальная энергия. Внутренняя энергия деформации. Потенциал внешних сил.

#### **3. Точки бифуркации, предельные точки и критические нагрузки.**

Точки бифуркации или ветвления решений. Критические точки и критические нагрузки. Плавные и скачкообразные переходы. Критические точки бифуркации первого и второго рода. Предельные точки. Влияние начальных (геометрических) несовершенств механической системы. Трансформация критических точек бифуркации в случае начальных геометрических несовершенств.

#### **4. Однородные линеаризованные уравнения равновесия упругих систем.**

Три основных способа получения однородных линеаризованных уравнений. Нетривиальные решения линеаризованных уравнений. Нулевой определитель системы и возможность существования смежных решений. Получение однородных линеаризованных уравнений в задачах с распределенными параметрами (метод Эйлера).

#### **5. Энергетический критерий бифуркационной потери устойчивости.**

Энергетический подход к определению критических нагрузок. Обоснование устойчивости при энергетическом подходе. Приближенные и численные методы определения собственных значений краевых задач.

#### **6. Устойчивость упругих систем при комбинированном нагружении.**

Комбинированное нагружение. Граница области устойчивости. Формы областей устойчивости по Папковичу.

#### **7. О постановке задач устойчивости тонкостенных систем.**

Основные допущения, применяемые при решении задач устойчивости тонкостенных систем.

#### **8. Энергетический метод решения задач устойчивости упругих систем с распределенными параметрами.**

Вариационные подходы в задачах линейной теории упругости. Две основные формы энергетического критерия бифуркационной потери устойчивости.

#### **9. Методы приближенного решения задачи определения стационарных значений функционалов.**

Метод Релея-Ритца. Метод Галеркина.

#### **10. Устойчивость прямолинейных стержней.**

Линеаризованное уравнение изгибной формы равновесия прямого стержня. Характеристическое уравнение и свойства его решений. Формула Эйлера.

#### **11. Закритическое поведение стержней.**

Диаграммы «прогиб-нагрузка» в закритической области. Устойчивость тонкостенных элементов при сжимающих и сдвигающих напряжениях. Запасы устойчивости.

#### **12. Устойчивость стержней за пределами упругости.**

Гибкость стержня. Приведенный модуль Кармана. Формула Энгессера.

#### **13. Устойчивость криволинейных стержней.**

Влияние начальных несовершенств на поведение сжатых стержней. Устойчивость колец.

#### **14. Устойчивость пластин.**

Основное линеаризованное уравнение. Прямоугольные пластины при сжатии и сдвиге. Влияние условий закрепления.

#### **15. Устойчивость оболочек.**

Короткие, средние и длинные оболочки. Поправочные коэффициенты при начальных неправильностях.

#### **16. Основные понятия теории устойчивости движения.**

Два метода Ляпунова. Теория бифуркаций.

#### **17. Исследование устойчивости периодических движений.**

Теория параметрического резонанса. Устойчивость циркуляционных систем.

### **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Устойчивость механических систем» предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- использование интерактивных форм представления материала;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в целом по дисциплине составляет 20% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

**В восьмом семестре**

- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита;
- подготовка к выполнению расчетно-графических работ и их защита.

**6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| <b>Код компетенции</b> | <b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>   |
|------------------------|--|
| ПК-9                   | способностью сравнивать по критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности                               |
| ПК-3                   | способностью проводить техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработку предложений по их реализации  |
| ПСК-1.3                | способностью определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

**6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

| Показатель  | Критерии оценивания   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
|   | 2   | 3   | 4  | 5  |
| <b>ПК-9 - способностью сравнивать по критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности.</b> |   |   |  |  |
| <b>знать:</b><br>основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем  | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.       | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| <b>уметь:</b><br>анализировать результаты расчетов  | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: анализировать результаты расчетов.  | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: анализировать результаты расчетов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.                                     | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: анализировать результаты расчетов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: анализировать результаты расчетов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях            |

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
|   |  |   | нестандартные ситуации.   | повышенной сложности.  |
| <b>владеть:</b><br>навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций | Обучающийся владеет навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся в полном объеме владеет навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

**ПК-3 – способностью проводить техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработку предложений по их реализации**

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| <b>знать:</b><br>методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
|---|--|--|---|---|



|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| <p><b>уметь:</b><br/>проводить исследование конструкций на устойчивость</p>     | <p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: проводить исследование конструкций на устойчивость.</p>      | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:<br/>проводить исследование конструкций на устойчивость.<br/>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений:<br/>проводить исследование конструкций на устойчивость. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проводить исследование конструкций на устойчивость. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p> |
| <p><b>владеть:</b><br/>методами расчета машин и конструкций на устойчивость</p> | <p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: методами расчета машин и конструкций на устойчивость</p> | <p>Обучающийся владеет методами расчета машин и конструкций на устойчивость в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>  | <p>Обучающийся частично владеет методами расчета машин и конструкций на устойчивость, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>   | <p>Обучающийся в полном объеме владеет методами расчета машин и конструкций на устойчивость, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>   |

**ПСК-1.3 – способностью определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе**

|  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <p><b>знать:</b><br/>методы расчета элементов машин и инженерных конструкций на устойчивость</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы расчета элементов машин и инженерных</p> | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний:<br/>методы расчета элементов машин и инженерных конструкций на устойчивость.<br/>Допускаются</p> | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний:<br/>методы расчета элементов машин и инженерных конструкций на</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы расчета элементов машин и инженерных</p> |
|--|---|---|--|--|

|  |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
|  | конструкций на устойчивость.   | значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.  | устойчивость, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.   | конструкций на устойчивость, свободно оперирует приобретенными знаниями.  |
| <b>уметь:</b><br>выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| <b>владеть:</b><br>способностью анализировать полученные результаты расчета      | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: способностью анализировать полученные результаты расчета.    | Обучающийся владеет способностью анализировать полученные результаты расчета в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.   | Обучающийся частично владеет способностью анализировать полученные результаты расчета, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.  | Обучающийся в полном объеме владеет способностью анализировать полученные результаты расчета, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.  |

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Устойчивость механических систем».

| <b>Шкала оценивания</b> | <b>Описание</b>   |
|-------------------------|---|
| Отлично                 | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо                  | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.           |

|                     |  |
|---------------------|--|
| Удовлетворительно   | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Допускает ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.  |

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **а) основная литература:**

1. Соколов, С.А. Строительная механика и металлические конструкции машин / С.А. Соколов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2012. – 425 с.  
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=129569>.
2. Соппротивление материалов / Н.А. Костенко, С.В. Балясникова, Ю.Э. Волошановская и др. ; ред. Н.А. Костенко. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – 485 с.  
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=226084>

### **б) дополнительная литература:**

1. Груздев А.С. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу «Устойчивость механических систем»/ А.С. Груздев, М.Р. Рыбакова, Н.Л. Осипов.- М.: Университет машиностроения, 2014.- 52 с.  
Режим доступа:

<http://lib.mami.ru/getfile.php?file=MDAwMDE5NzIucGRm&name=MzA2My5wZGY%3D>.

2. Осипов Н.Л. Методические указания к проведению практических занятий по курсу «Устойчивость механических систем» / Н.Л. Осипов, Лукьянов М.Н.- М.: МГТУ МАМИ, 2011.- 94 с. Режим доступа:

<http://lib.mami.ru/getfile.php?file=MDAwMDA3NjIucGRm&name=0J7RgdC40L%2FQvtCyINCdLiwg0JvRg9C60YzRj9C90L7QsiDQnC4g0KPRgdGC0L7QudGH0LjQstC%2B0YHRgtGMINC80LXRhdCw0L3QuNGH0LXRgdC60LjRhSDRgdC40YHRgtC10LwucGRm>.

### **в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

Интернет-ресурсы: учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте [lib.mami.ru](http://lib.mami.ru) в разделе «Электронный каталог» (<http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog>).

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Аудитория для лекционных и практических занятий: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, настенный проекционный экран. Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Лабораторная аудитория: столы, стулья, меловая доска, учебная испытательная машина для проведения испытаний на растяжение/сжатие и кручение МИ-40КУ, копер маятниковый МК-300, универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ-1, универсальный комплекс для проведения лабораторных работ СМ-2, лабораторный комплекс ЛКСМ-1К

Лабораторная аудитория: столы, стулья, универсальный комплекс для проведения лабораторных работ СМ-2, комплекс для демонстрации механических и демпфирующих свойств пластичных материалов, устройство для наглядной демонстрации ползучести материалов WP600, машина для испытаний на усталость, комплекс для проведения лабораторных работ по курсу «устойчивость механических систем». Рабочее место преподавателя: стол, стул.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей студентов, самостоятельности, ответственности и организованности.

Изучение дисциплины неразрывно связано с самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. При этом студент сам планирует свою самостоятельную работу, что создает более благоприятную обстановку и положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины.

Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10 минут. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих - лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед занятиями преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не

нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия.

дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного, экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

**Программу составил:**

к.т.н.

/Н.Л. Осипов /

**Программа утверждена на заседании кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов», профессор, д. ф.-м. н.

/А.А. Скворцов/

Руководитель образовательной программы «Динамика и прочность транспортно-технологических систем»

/М.Н. Лукьянов/



**Структура и содержание дисциплины «Устойчивость механических систем» по специальности 23.05.01  
«Наземные транспортно-технологические средства»  
(специалист)**

| n/n | Раздел   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах |     |     |     |     | Виды самостоятельной работы студентов |      |     |         |     | Формы аттестации |   |  |
|-----|--|---------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|------|-----|---------|-----|------------------|---|--|
|     |  |         |                 | Л   | П/С | Лаб | СРС | КСР | К.Р.                                  | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э                | З |  |
|     | <b>Восьмой семестр</b>   |         |                 |   |     |     |     |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 1.1 | Введение в устойчивость механических систем. Устойчивые и неустойчивые состояния равновесия  | 8       | 1-2             | 2   |     |     | 4   |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 1.2 | Анализ нелинейного поведения простейших механических системы при действии вертикальной силы.   | 8       | 1-2             |   | 2   |     | 2   |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 1.3 | Исследование предельных точек на основе анализа поведения двух шарнирно соединенных стержней с горизонтальной пружиной при действии боковой силы | 8       | 1-2             |   |     | 4   | 2   |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 1.4 | Точки бифуркации, предельные точки и критические нагрузки. Однородные линеаризованные уравнения равновесия упругих систем.                       | 8       | 3-4             | 2   |     |     | 4   |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |





|      |  |   |       |   |   |   |   |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
|------|--|---|-------|---|---|---|---|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|
| 1.19 | Устойчивость криволинейных стержней.<br>Устойчивость пластин.  | 8 | 13-14 | 2 |   |   | 4 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.20 | Вычисление критической нагрузки сжатого стержня с шарнирным опиранием методом Релея-Ритца.<br>Выдача заданий для РГР №3  | 8 | 13-14 |   | 2 |   | 2 |  |  |  | + |  |  |  |  |  |   |
| 1.21 | Анализ устойчивости трехзвенной системы с упругими шарнирами при сложном нагружении  | 8 | 13-14 |   |   | 4 | 2 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.22 | Устойчивость оболочек.<br>Основные понятия теории устойчивости движения  | 8 | 15-16 | 2 |   |   | 4 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.23 | Формулы критических напряжений для тонких пластин.<br>Влияние условий закрепления на коэффициенты пропорциональности.<br>Формы потери устойчивости тонких оболочек | 8 | 15-16 |   | 2 |   | 2 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.24 | Вычисление критической нагрузки для стержня линейно-переменного сечения  | 8 | 15-16 |   |   | 4 | 2 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.25 | Исследование устойчивости периодических движений.  | 8 | 17-18 | 2 |   |   | 4 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.26 | Особенности задач устойчивости движения. Теоремы Ляпунова о признаках неустойчивости движения.   | 8 | 17-18 |   | 2 |   | 2 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
| 1.27 | Вычисление критической нагрузки для стержня линейно-переменного сечения  | 8 | 17-18 |   |   | 4 | 2 |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
|      | <b>Форма аттестации</b>  |   |       |   |   |   |   |  |  |  |   |  |  |  |  |  | Э |

|  |   |  |  |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | Всего часов по дисциплине<br>в восьмом семестре |  |  | 18 | 18 | 36 | 72 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»  
Профили: «Динамика и прочность транспортно-технологических систем»  
Формы обучения: очная  
Виды профессиональной деятельности:  
- проектно-конструкторская;  
- научно-исследовательская.

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Устойчивость механических систем»**

Составитель: к.т.н. Осипов Н.Л.

Москва, 2019 год

**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

| <b>Устойчивость механических систем</b>  |  |  |  |                                  |
|--|--|--|--|----------------------------------|
| <b>ФГОС ВО 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»</b>                        |  |  |  |                                  |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции: |  |  |  |                                  |
| <b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>   |  | <b>Перечень компонентов</b>  | <b>Технология формирования компетенций</b>                               | <b>Форма оценочного средства</b> |
| <b>индекс</b>  | <b>формулировка</b>  |  |  |                                  |
| <b>ПК-9</b>  | способностью сравнивать по критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные методы оценки устойчивости конструкций и механических систем</li> </ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать результаты расчетов</li> </ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками конструирования типовых узлов машин и элементов конструкций</li> </ul> | лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, лабораторные работы |                                  |
| <b>ПК-3</b>  | способностью проводить техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработку предложений по их реализации  | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы проектирования машин и конструкций с учетом их устойчивости</li> </ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить исследование конструкций на устойчивость</li> </ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами расчета машин и конструкций на устойчивость</li> </ul>   | лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, лабораторные работы |                                  |

|                |   |   |   |  |
|----------------|---|---|---|--|
| <b>ПСК-1.3</b> | <p>способностью определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе</p> | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы расчета элементов машин и инженерных конструкций на устойчивость</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выявлять наиболее приоритетные пути решения поставленной задачи</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью анализировать полученные результаты расчета</li> </ul> | <p>лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, лабораторные работы</p> |  |
|----------------|---|---|---|--|



Перечень оценочных средств по дисциплине Устойчивость механических систем

| № ОС | Наименование оценочного средства  | Краткая характеристика оценочного средства  | Представление оценочного средства в ФОС                     |
|------|-----------------------------------|---|---|
| 1    | Расчетно-графическая работа (РГР) | Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.   | Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы |
| 2    | Устный опрос собеседование, (УО)  | Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам/разделам дисциплины                        |

Фонды оценочных средств по дисциплине «Устойчивость механических систем».

## Пример экзаменационного билета

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»  
Дисциплина «Устойчивость механических систем»  
Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3.

Устойчивые и неустойчивые состояния равновесия.

Формы потери устойчивости тонких оболочек.

3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г., протокол № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.А. Скворцов/

---

## Пример задания для выполнения расчетно-графической работы.

Требуется: провести исследование предельных точек на основе анализа поведения двух шарнирно соединенных пологих стержней с горизонтальной пружиной под действием боковой силы.

Исходные данные:

| Параметр                        | Величина |
|---------------------------------|----------|
| Длина стержня $l$ , м           | 1        |
| Жесткость пружины $C$ , Н/м     | 1000     |
| Высота подъема стержня $H$ , см | $N/2$    |

где  $N$  – номер студента в списке группы.

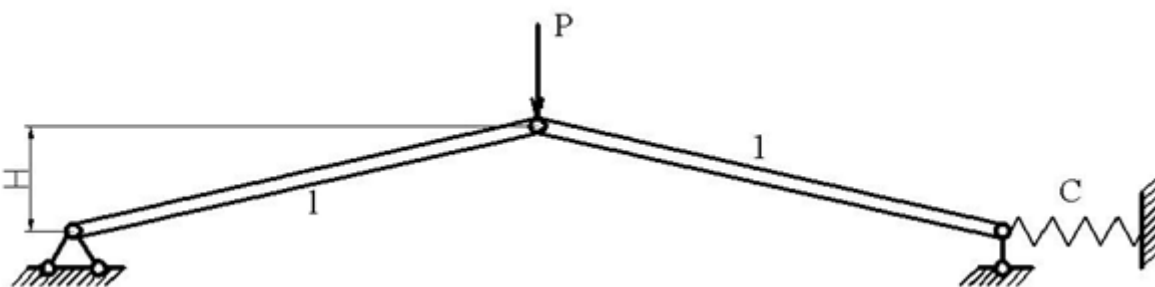


Рис. 1. Схема шарнирно соединенных стержней

Необходимо:

1. Построить диаграмму «нагрузка - перемещение».
2. Найти значения перемещений в предельных точках.
3. Вычислить верхнюю и нижнюю критические нагрузки.
4. Найти области устойчивости и неустойчивости.
5. Исследовать устойчивость системы в верхней и нижней критических точках.

## Пример вопросов для защиты лабораторной работы:

1. Каким образом условия закрепления влияют на величину критической силы?
2. В чем заключается принцип работы тензорезистора?
3. Как в лабораторной работе имитировались условия закрепления?
4. Какие приборы использовались в лабораторной работе?
5. Как теоретически определить критическую силу для стержня сжимаемого продольной силой?

## **Примеры вопросов для устного опроса:**

1. Что такое критическая сила?
2. Что такое предельная точка?
3. Что такое точки бифуркации?
4. Что такое устойчивость?
5. Что такое положение равновесия?
6. Что такое устойчивое положение равновесия?
7. Что такое неустойчивое положение равновесия?
8. Как влияют несовершенства механической системы на критическую силу?
9. Что такое диаграммы равновесных состояний?
10. Что такое линеаризованные уравнения?
11. Как получить однородные линеаризованные уравнения?
12. В чем заключается энергетический подход к определению критических нагрузок?
13. Что такое граница устойчивости?
14. Что такое форма областей устойчивости по Папковичу?
15. Какие основные допущения принимаются при решении задач устойчивости?
16. В чем заключается метод Релея-Ритца?
17. В чем заключается метод Галеркина?
18. В чем особенность поведения стержней при закритическом нагружении?
19. Что такое гибкость стержня?
20. Что такое приведенный модуль Кармана?