

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Трехгорный технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ТТИ НИЯУ МИФИ
_____ Т.И. Улитина
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ)»

Специальность: 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация: Проектирование инструментальных комплексов в машиностроении

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Трехгорный
2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Современная действительность требует ускорения научно-технического прогресса, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, снижения материалоемкости конструкции, повышения производительности, долговечности, надежности машин. Исключительная роль в обеспечении этого процесса принадлежит инженерам, конструкторам, машиностроителям. Значительная роль в формировании облика инженеров широкого профиля отводится дисциплинам профессионального цикла и, в частности, дисциплине «Техническая механика (сопротивление материалов)». Создавая новую конструкцию, инженер назначает первоначальные размеры ее элементов, проводя прочностные расчеты методами сопротивления материалов. Дальнейший расчет конструкций, как правило, производится с помощью ЭВМ численными методами с использованием пакетов прикладных программ. Однако для анализа достоверности получаемых результатов используется сравнение с результатами расчетов по упрощенным моделям методами сопротивления материалов.

1.1. Цели дисциплины

Цели дисциплины «Техническая механика (сопротивление материалов)» – обеспечение базы инженерной подготовки, теоретическая и практическая подготовка в области расчетов на прочность, жесткость и устойчивость, развитие инженерного мышления, приобретение знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин.

1.2. Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Техническая механика (сопротивление материалов)» являются овладение теоретическими основами и практическими методами расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций и машин, необходимыми как при изучении

дальнейших дисциплин, так и в практической деятельности дипломированных бакалавров, ознакомление с современными подходами к расчету сложных систем, элементами рационального проектирования конструкций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Техническая механика (сопротивление материалов)» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин учебного плана. Дисциплина изучается в 3,4 семестрах.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Перечень компетенций

Изучение дисциплины «Техническая механика (сопротивление материалов)» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

общефессиональных (ОПК):

- Способен понимать цели и задачи инженерной деятельности в современной науке и машиностроительном производстве (ОПК-1);
- Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач (ОПК-2).

профессиональных (ПК):

- Способен участвовать в работах по доводке и освоению машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции (ПК-1);

– Способен подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов (ПК-7);

– Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-13).

3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– практические приемы и методы инженерной деятельности; основные виды инженерной деятельности; способы формирования инженерной деятельности;

– практические приемы и методы решения инженерных задач; основные виды решения инженерных задач; способы формирования решения инженерных задач;

– практические приемы и методы доводки и освоения машин; основные виды доводки и освоения машин; способы формирования доводки и освоения машин;

– практические приемы и методы экономических расчетов; основные виды экономических расчетов; способы формирования экономических расчетов;

– практические приемы и методы разработки рабочей, проектной и технической документации; основные виды разработки рабочей, проектной и технической документации; способы формирования разработки рабочей, проектной и технической документации.

уметь:

- формулировать задачи инженерной деятельности; выбирать методы инженерной деятельности; работать со справочной и специальной литературой по инженерной деятельности;
- формулировать задачи решения инженерных задач; выбирать методы решения инженерных задач; работать со справочной и специальной литературой решения инженерных задач;
- формулировать задачи доводки и освоения машин; выбирать методы доводки и освоения машин; работать со справочной и специальной литературой доводки и освоения машин;
- формулировать задачи экономических расчетов; выбирать методы экономических расчетов; работать со справочной и специальной литературой экономических расчетов;
- формулировать задачи разработки рабочей, проектной и технической документации; выбирать методы разработки рабочей, проектной и технической документации; работать со справочной и специальной литературой разработки рабочей, проектной и технической документации.

владеть:

- опытом построения инженерной деятельности; опытом обеспечения надежности инженерной деятельности;
- опытом построения решения инженерных задач; опытом обеспечения надежности решения инженерных задач;
- опытом доводки и освоения машин; опытом обеспечения надежности доводки и освоения машин;
- опытом построения экономических расчетов; опытом обеспечения надежности экономических расчетов;
- опытом разработки рабочей, проектной и технической документации; опытом обеспечения надежности разработки рабочей, проектной и технической документации.

3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
Естественнонаучный и общепрофессиональный модули		
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (B14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Экономика и управление производством", "Инновационная экономика и технологическое предпринимательство", "Правоведение" для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение
	- формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15)	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.

Интеллектуальное воспитание	- формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
------------------------------------	---	---

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел *
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа			
Семестр 3									
1	Раздел 1	1-4	9	1	8	9	УО1-2	РГР1– 4	10
2	Раздел 2	5-8	9	2	7	9	Т1 – 6	РГР2 – 8	15
3	Раздел 3	9-12	9	2	7	9	Т2 – 10	Т3 – 12	15
4	Раздел 4	13-18	9	1	8	9	УО2–14	ПО –16	10
Итого			36	6	30	36			50
Экзамен			36						50
Итого за семестр									100
Семестр 4									
1	Раздел 1	1-4	9	1	8	9	УО3 – 2	Т4– 4	10
2	Раздел 2	5-8	9	2	7	9	Т5 – 6	РГР3 – 8	15
3	Раздел 3	9-12	9	2	7	9	Т6– 10	Т7 – 12	15
4	Раздел 4	13-18	9	1	8	9	УО4-14	РГР4– 17	10
Итого			36	6	30	36			50
Экзамен			36						50
Итого за семестр									100

Т – Тест, РГР – Расчетно-графическая работа, УО – Устный опрос

4.1 Содержание лекций

3 семестр

Раздел 1. Внутренние силовые факторы в стержневых системах

Основные понятия. Проблема обеспечения прочности и жесткости конструкций и основные направления ее решения. Курс «Механика: сопротивление материалов» как фундаментальная инженерная дисциплина, его связь с другими дисциплинами. Объекты расчета и их расчетные схемы. Гипотезы, принимаемые в курсе. Классификация изучаемых объектов. Основные допущения и принципы. Внешние силы и их классификация.

Метод сечений. Понятие о напряжении и его составляющих: нормальной и касательной. Статическая неопределимость задачи о распределении напряжений по сечению. Внутренние силовые факторы в поперечном сечении стержня. Виды нагружений стержня.

Дифференциально-интегральные зависимости. Дифференциально-интегральная связь между интенсивностью внешней распределенной нагрузки и внутренними силовыми факторами при растяжении или сжатии, кручении и изгибе прямого стержня. Основные закономерности при постоянной и переменной нагрузке.

Эпюры внутренних силовых факторов. Построение эпюр внутренних силовых факторов. Основные закономерности построения эпюр нормальных сил при растяжении-сжатии, эпюр крутящих моментов при кручении, эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при изгибе. Внутренние силовые факторы в рамах.

Раздел 2. Растяжение и сжатие прямого стержня

Центральное растяжение и сжатие. Напряжения в поперечном сечении стержня. Закон плоских сечений. Понятие о местных напряжениях. Принцип Сен-Венана. Напряжения в наклонных сечениях. Теорема о взаимности (парности) касательных напряжений. Продольная и поперечная деформации стержня. Коэффициент Пуассона. Закон Гука. Модуль упругости. Определение удлинений. Потенциальная энергия деформации. Расчеты на прочность и жесткость. Условие прочности по наибольшим напряжениям. Коэффициент запаса прочности по разрушению и текучести. Нормированный

и фактический коэффициент запаса, допускаемое напряжение. Условие жесткости. Различные постановки задачи о расчете на прочность и на жесткость. Расчет статически определимых стержневых систем.

Экспериментальное определение свойств материала. Механические свойства материалов. Испытание на растяжение. Типы диаграмм растяжения. Диаграмма растяжения образца из малоуглеродистой стали. Характеристики прочности и пластичности. Диаграмма напряжений. Закон разгрузки и повторного нагружения. Испытание на сжатие пластичных и хрупких материалов.

Раздел 3. Простые виды нагружения стержня

Геометрические характеристики поперечных сечений стержня. Статические моменты площади и определение положения центра тяжести сечения. Осевые, центробежный и полярный моменты инерции. Определение моментов инерции простых сечений. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при параллельном переносе координатных осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте осей координат. Главные оси и главные моменты инерции. Определение положения главных центральных осей и вычисление главных моментов инерции различных сечений.

Прямой изгиб стержня. Классификация видов изгиба. Прямой чистый изгиб. Закон плоских сечений. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной изогнутого стержня. Жесткость стержня при изгибе. Нормальные напряжения при изгибе. Особенности прямого поперечного изгиба. Касательные напряжения при поперечном изгибе стержня. Определение напряжений для балок различного сечения. Условие прочности при прямом изгибе. Рациональная форма поперечного сечения балок, выполненных из пластичного и хрупкого материалов. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение упругой линии и его интегрирование для простых балок. Расчет балок на жесткость.

Раздел 4. Сдвиг и кручение

Чистый сдвиг. Чистый сдвиг. Исследование чистого сдвига путем испытания на кручение тонкостенной трубки. Закон Гука и механические характеристики материала при чистом сдвиге.

Кручение стержня. Кручение стержня круглого поперечного сечения. Механизм деформирования – закон плоских сечений. Определение напряжения в поперечном сечении и углов поворота сечений. Потенциальная энергия деформации. Основные результаты теории чистого кручения стержня некруглого поперечного сечения. Расчет на прочность и на жесткость при кручении. Рациональная форма поперечного сечения

4 семестр

Раздел 1. Расчет статически неопределимых систем

Энергетический метод определения перемещений. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации. Потенциальная энергия деформации при различных видах нагружения стержня. Потенциальная энергия деформации в общем случае нагружения стержня. Теорема о взаимности работ и взаимности перемещений. Интеграл перемещений Мора. Определение перемещений с помощью интеграла Мора. Определение перемещений по правилу Верещагина.

Статически неопределимые системы. Метод сил. Понятие о статически неопределимых системах. Степень статической неопределимости. Расчет статически неопределимых систем методом приравнивания перемещений. Расчет статически неопределимых систем методом сил. Этапы метода сил. Основная и эквивалентная системы. Канонические уравнения метода сил и их геометрический смысл. Определение коэффициентов канонических уравнений. Проверка правильности нахождения неизвестных усилий.

Раздел 2. Расчет с учетом пластических деформаций

Основы расчета за пределами упругости. Понятие о предельном состоянии конструкции. Диаграммы деформирования и способы их схематизации. Особенности расчета за пределами упругости. Анализ поведения упругопластической конструкции в процессе ее пропорционального нагружения. График $\sigma_i=f(P)$. Характерные значения нагрузок (P_T и P_0). Предельное равновесие упруго - пластической конструкции. Чистый упруго - пластический изгиб прямого стержня. Характерные значения M_T и M_0 . Определение предельного момента M_0 для симметричных и несимметричных сечений. Пластический момент сопротивления. Поперечный упруго - пластический изгиб. Понятие о пластическом шарнире. Упруго - пластическое кручение. Характерные значения T_T и T_0 .

Предельное равновесие конструкций. Кинематический метод определения предельных нагрузок. Предельное равновесие конструкций, элементы которых работают на растяжение-сжатие. Предельное равновесие балок. Использование принципа возможных перемещений. Закон разгрузки, остаточные напряжения и деформации, вызванные пластическими деформациями.

Раздел 3. Расчеты при сложном нагружении

Сложное сопротивление. Косой изгиб, определение. Определение напряжений и расчет на прочность при косом изгибе. Перемещения при косом изгибе. Расчет на прочность при косом изгибе. Внецентренное растяжение или сжатие стержня большой жесткости. Определение напряжений. Понятие о ядре сечения. Условия прочности при внецентренном растяжении или сжатии.

Напряженное и деформированное состояние в точке тела. Компоненты напряженного состояния в точке тела. Определение напряжений в сечении общего положения. Понятие о главных сечениях, главных напряжениях и главных осях. Виды напряженных состояний. Определение главных

напряжений и положения главных осей для элемента, у которого направление одной из главных осей и величина соответствующего главного напряжения известны. Напряжения в сечениях, параллельных главным осям. Круговая диаграмма напряжений О.Мора. Напряженное состояние при различных видах нагружения стержня. Компоненты деформированного состояния в точке тела. Объемная деформация. Главные оси деформации и главные деформации. Обобщенный закон Гука для изотропного тела. Потенциальная энергия деформации. Удельная потенциальная энергия изменения объема и удельная потенциальная энергия изменения формы.

Расчет на прочность при сложном напряженном состоянии. Зависимость свойств материала от вида напряженного состояния. Понятие о гипотезах предельных напряженных состояний. Эквивалентное напряжение. Гипотезы наибольших нормальных напряжений и наибольших относительных удлинений. Гипотезы наибольших касательных напряжений и энергии формоизменения. Гипотеза предельных состояний О.Мора. Применение гипотез прочности и пластичности к расчету стержней круглого, прямоугольного и тонкостенного поперечного сечения в общем случае нагружения.

Раздел 4. Расчеты на устойчивость и при динамическом нагружении

Устойчивость равновесия упругих систем. Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Устойчивость сжатых стержней. Задача и метод Эйлера. Влияние условий закрепления стержней на критическую силу. Обобщенная формула Эйлера и пределы ее применимости. Выбор материала и рациональные формы поперечных сечений сжатого стержня. Диаграмма критических напряжений. Расчет на прочность сжатых стержней с использованием коэффициентов уменьшения допускаемых напряжений.

Расчеты при динамическом нагружении. Динамическая нагрузка. Расчет на прочность и на жесткость с учетом сил инерции.

Расчет каната при равноускоренном подъеме груза. Расчет тонкостенного кольца, вращающегося вокруг центральной оси. Динамический коэффициент. Расчет на ударное нагружение при растяжении-сжатии, изгибе и кручении.

4.2 Тематический план практических работ

1. Метод сечений. Определение внутренних силовых факторов для консольного стержня, нагруженного сосредоточенными силами. Выдача расчетно-графического задания (РГЗ) № 1.
2. Построение эпюр при растяжении (сжатии) Построение эпюры нормальной силы для стержня, испытывающего растяжение или сжатие. Тестирование по внутренним силовым факторам и по дифференциально-интегральным зависимостям.
3. Построение эпюр при кручении. Построение эпюры крутящего момента для стержня, испытывающего кручение. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента для простых случаев нагружения балки.
4. Построение эпюр для сложных балок. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента для балок, нагруженных сосредоточенными и равномерно распределенными нагрузками. Тестирование по эпюрам для балок.
5. Расчеты при растяжении и сжатии. Расчет на прочность и на жесткость статически определимых стержневых систем при растяжении и сжатии. Тестирование по растяжению-сжатию.
6. Главные оси и главные моменты инерции. Определение положения главных осей и главных моментов инерции поперечных сечений стержня.
7. Защита расчетно-графической работы (РГР) №1. Выдача РГР №2.
8. Расчеты при изгибе. Расчеты на прочность балок, выполненных из пластического материала.
9. Расчеты при изгибе. Расчеты на прочность балок, выполненных из хрупкого материала. Тестирование по геометрическим характеристикам.

10. Расчеты при кручении. Расчеты на прочность и на жесткость при кручении стержней круглого, прямоугольного и тонкостенного поперечных сечений. Тестирование по кручению.
11. Контрольная работа по механическим испытаниям.
12. Защита расчетно-графической работы (РГР) № 2.
13. Определение перемещений. Определение перемещений в стержневых системах энергетическим методом (непосредственное вычисление интеграла Мора). Выдача расчетно-графической работы (РГР) № 3.
14. Определение перемещений. Определение прогибов и углов поворота в балках по правилу Верещагина. Тестирование по перемножению эпюр.
15. Метод сил. Расчет статически неопределимых консольных балок по методу сил.
16. Метод сил. Расчет статически неопределимых многоопорных балок по методу сил.
17. Тестирование по статически неопределимым балкам.
18. Метод сил. Расчет статически неопределимых систем, работающих на растяжение или сжатие.
19. Предельное равновесие. Определение пластических моментов сопротивления симметричных и несимметричных сечений. Тестирование по пластическим моментам сопротивления
20. Предельное равновесие. Расчет статически неопределимых ферм по предельному равновесию
21. Предельное равновесие. Расчет статически неопределимых балок по предельному равновесию.
22. Защита расчетно-графической работы (РГР) № 3. Выдача РГЗ № 4.
23. Расчеты при косом изгибе. Определение напряжений и расчеты на прочность
24. Расчеты при внецентренном растяжении-сжатии. Определение напряжений и расчеты на прочность

- 25.Сложное напряженное состояние. Определение величины и направления главных напряжений. Тестирование по компонентам напряженного состояния
- 26.Расчет стержня при сложном нагружении. Применение гипотез прочности и пластичности к расчету стержня круглого поперечного сечения. Тестирование по главным напряжениям.
- 27.Расчет стержня при сложном нагружении. Применение гипотез прочности и пластичности к расчету стержня прямоугольного поперечного сечения.
- 28.Устойчивость сжатых стержней. Расчет сжатых стержней на устойчивость. Тестирование по устойчивости.
- 29.Динамическая нагрузка. Расчет на прочность с учетом сил инерции.
- 30.Динамическая нагрузка. Расчет на удар по балансу энергии
- 31.Защита расчетно-графической работы (РГР) № 4

4.3Самостоятельная работа студентов

1. Изучение метода сечений. Вариант РГР № 1
2. РГР № 1, задача №1. Определение внутренних силовых факторов в нагруженном стержне.
3. РГР № 1, задача № 2. Построение эпюр нормальной силы. Подготовка к тестированию по внутренним силовым факторам и по дифференциально-интегральным зависимостям.
4. РГР № 1, задача №3. Построение эпюры крутящего момента.
5. РГР №1, задачи №№ 4,5. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента для двухопорной и консольной балок. Подготовка к тестированию по эпюрам для балок.
6. РГР № 1, задача № 6. Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоской рамы
7. Подготовка к тестированию по растяжению-сжатию.
8. Оформление РГР №1.
9. Подготовка к защите РГР № 1

10. РГР № 2, задача №10. Расчет на прочность стержневой конструкции.
11. РГР № 2, задача №11. Расчет на растяжение-сжатие консольного стержня переменного сечения. Подготовка к тестированию по геометрическим характеристикам
12. РГР № 2, задачи №№ 14,15. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балок из пластичного и хрупкого материала.
13. РГР № 2, задачи №№ 14,15. Расчеты на прочность. Подготовка к тестированию по кручению. Подготовка к лабораторной работе по испытанию на растяжение.
14. РГР № 2, задача № 12. Построение эпюр для консольного вала переменного сечения. Подготовка к лабораторным работам на сжатие и срез.
15. РГР № 2, задача № 12. Расчеты на прочность и на жесткость. Подготовка к контрольной работе по механическим испытаниям.
16. Оформление РГР № 2. Подготовка к защите РГЗ № 2.
17. Изучение энергетического метода определения перемещений, применение интеграла Мора. Вариант РГЗ №Р.
18. РГР №3, задача №21, определение степени статической неопределимости и выбор основной системы. Особенности применения правила Верещагина для определения перемещений. Подготовка к тестированию по перемножению эпюр.
19. РГР №3, задача №21, определение коэффициентов канонического уравнения. Подготовка к построению эпюр изгибающих моментов для консольных и двухопорных балок.
20. РГР №3, задача №21, расчет на прочность по допускаемым напряжениям. Подготовка к тестированию по статически неопределимым балкам.
21. Анализ статически неопределимых задач растяжения-сжатия. Раскрытие статической неопределимости в задаче №23 РГР №3, расчет на прочность по допускаемым напряжениям.

22. Изучение способа определения пластического момента сопротивления. Подготовка к задачам и тестированию по пластическим моментам сопротивления
23. Изучение кинематического метода определения предельной нагрузки для ферм и балок. Расчет на прочность по предельному состоянию в задачах №№21,23 РГР №3.
24. Оформление РГР №3, подготовка к его защите.
25. Расчеты на прочность и жесткость при косом изгибе
26. Расчеты на прочность при внецентренном растяжении-сжатии
27. Изучение основ теории напряженного и деформированного состояния
28. Подготовка к тестированию по определению компонентов напряженного состояния
29. Построение эпюр внутренних силовых факторов в задачах №№ 17,18,20 РГР № 4.
30. Подготовка к тестированию по определению главных напряжений
31. Расчеты на прочность в задачах №№ 17,18,20 РГР № 4.
32. Подготовка к тестированию по устойчивости сжатых стержней
33. Проработка особенностей расчетов на динамическую нагрузку
34. Оформление РГР № 4, подготовка к его защите.

4.4 Лабораторные работы студентов

3 семестр

1. Экспериментальное определение диаграммы деформирования пластичного материала при растяжении.
2. Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона для стали.

4 Семестр

3. Определение модуля сдвига.
4. Испытание пластичных материалов на срез.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», реализация компетентного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта.

Практические занятия проводятся также с применением мультимедийного проектора с разбором типовых решений задач на прочность, жесткость и устойчивость с выдачей учебных материалов студентам.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории сопротивления материалов на лабораторных машинах и установках бригадой студентов из 4-5 человек. Все лабораторные работы выполняются фронтально. За 2-3 дня до проведения лабораторных работ студентам выдается их описание для изучения, перед началом работ проводится тестирование студентов для проверки их готовности к выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного или бумажного тестирования.

В таблице 6 представлены интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях.

Таблица 6. Интерактивные образовательные технологии

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР, ТК)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
3	Л	Мультимедийные технологии	12
	ПР	Мультимедийные технологии	2
	ЛР	Мультимедийные технологии	8
4	Л	Мультимедийные технологии	10
	ПР	Мультимедийные технологии	2
	ЛР	Мультимедийные технологии	8
Всего:			42

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ**

Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
T1	Тест №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тестовые задания по темам
T2	Тест №2	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тестовые задания по темам
T3	Тест №3	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тестовые задания по темам
T4	Тест №4	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

T5	Тест №5	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
T6	Тест №6	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
T7	Тест №7	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
T8	Тест №8	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
РГР1	Расчетно-графическая работа №1	Средство проверки умений применять полученные знания для решения расчетно-графических задач определенного типа по теме или разделу	Комплект расчетно-графических заданий по вариантам
РГР2	Расчетно-графическая работа №2		
РГР3	Расчетно-графическая работа №3		
РГР4	Расчетно-графическая работа №4		
УО1	Устный опрос №1	Средство проверки, полученных знаний по теме или разделу	Комплект вопросов по пройденным темам
УО2	Устный опрос №2		
УО3	Устный опрос №3		

ПО1	Письменный опрос №1	Средство проверки, полученных знаний по теме или разделу	Комплект вопросов по пройденным темам
-----	---------------------	--	---------------------------------------

Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ОПК-1	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	Семестры 3 и 4: РГ31, РГ32, РГ33, РГ34, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, УО1, УО2, Э
ОПК-2	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	Семестры 3 и 4: РГ31, РГ32, РГ33, РГ34, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, УО1, УО2, Э
ПК-1	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	Семестры 3 и 4: РГ31, РГ32, РГ33, РГ34, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, УО1, УО2, Э
ПК-7	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	Семестры 3 и 4: РГ31, РГ32, РГ33, РГ34, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, УО1, УО2, Э
ПК-13	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	Семестры 3 и 4: РГ31, РГ32, РГ33, РГ34, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, УО1, УО2, Э

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
3 семестр						
Раздел 1	Внутренние силовые факторы в стержневых системах	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	УО1-2	РГР1-4	Экзамен
Раздел 2	Растяжение и сжатие прямого стержня	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	Т1-6	РГР2-8	
Раздел 3	Простые виды нагружения стержня	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	Т2-10	Т3-12	
Раздел 4	Сдвиг и кручение	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	УО2-14	ПО-16	
4 семестр						
Раздел 1	Расчет статически неопределимых систем	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	УО3-2	Т4-4	Экзамен
Раздел 2	Расчет с учетом пластических деформаций	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	Т5-6	РГР3-8	
Раздел 3	Расчеты при сложном нагружении	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	Т6-10	Т7-12	

Раздел 4	Расчеты на устойчивость и при динамическом нагружении	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-7, ПК-13	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	УО4-14	РГР4-17	
----------	---	---	--	--------	---------	--

Шкала оценки образовательных достижений

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Балл	Макс. балл– мин. балл
Т1 Т3 Т5 Т7	Тестовое задание 1,3,5,7	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	10	10 – 7
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	8,5	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	7	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<7	
Т2 Т4 Т6	Тестовое задание 2,4,6	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	5	5 – 3
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<3	
РГР1 РГР2 РГР3	Расчетно-графическая работа 1,2,3	выставляется студенту, если все сделано правильно	5	5 – 3
		выставляется студенту, если решение содержит ошибки	4	
		выставляется студенту, если решения содержат ошибки и было сдано не в срок	3	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<3	
УО1 УО2 УО3 УО4	Устный опрос 1,2,3,4	выставляется студенту, если все ответы верные	5	5 – 3
		выставляется студенту, если ответы не точные	4	
		выставляется студенту, если ответил не на все вопросы	3	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<3	
ПО	Письменный опрос	выставляется студенту, если все ответы верные	5	5 – 3

		выставляется студенту, если ответы не точные	4	
		выставляется студенту, если ответил не на все вопросы	3	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<3	
Э	Экзамен	выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями, которые студент должен устранить в процессе беседы с преподавателем, в рамках которой он демонстрирует углубленное понимание предмета и владение ключевыми знаниями, умениями и навыками, предусмотренными данной дисциплиной	40-50	50 – 30
		выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстрацией базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	35-39	
		выставляется студенту при написанных ответах на вопросы билета (допускается содержание некоторых неточностей) и демонстрации базовых знаний, умений и навыков по данной дисциплине	30-34	
		если студент не написал ответ хотя бы на один из вопросов билета и не может ответить на дополнительные компетентностно–ориентированные вопросы	<30	

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	
		60-64
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям на экзамене
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к экзамену 3 семестр

1. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии.
2. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение.
3. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии.
4. Обобщенный закон Гука.
5. Графическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии.

6. Опытные данные о скручивании стержней круглого поперечного сечения.
7. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении.
8. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы.
9. Условия прочности и жесткости при кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания.
10. Потенциальная энергия деформации при кручении.
11. Статически неопределимые системы. Расчет по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам.
12. Статически неопределимые системы. Простейшие виды систем растяжения - сжатия.
13. Статически неопределимые системы. Особенности работы статически неопределимых систем.
14. Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси и главные моменты инерции.
15. Изменение моментов инерции при повороте и параллельном переносе осей.
16. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур.
17. Определение внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе.

4 семестр

1. Основные правила построения и контроля построения эпюр внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе.
2. Нормальные напряжения при изгибе. Вывод формулы.
3. Дифференциальные зависимости при изгибе. Вывод формул. Показать их использование на примере.
4. Условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям. Рациональные сечения балок при изгибе.

5. Касательные напряжения при поперечном изгибе.
6. Нормальные и касательные напряжения при изгибе.
7. Нормальные напряжения при изгибе. Полная проверка прочности двутавра.
8. Условия прочности при изгибе.
9. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
10. Определение перемещений при изгибе. Условие жесткости.
11. Определение перемещений при изгибе методом начальных параметров.
12. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений.
13. Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Интеграл Мора. Правила использования интеграла Мора для определения перемещений. Пример расчета.
14. Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Способ Верещагина. Вывод формулы. Правила использования при определении перемещений. Пример расчета.
15. Косой изгиб. Условия прочности и жесткости.
16. Изгиб с кручением. Определение напряжений и условие прочности.
17. Внецентренное нагружение. Условия прочности. Ядро сечения.
18. Статически неопределимые системы. Основные положения.
19. Статически неопределимые системы. Расчет простых статически неопределимых балок.
20. Метод сил. Пример расчета (дважды статически неопределимая система).
21. Статически неопределимые системы. Определение перемещений. Пример.
22. Статически неопределимые системы. Особенности расчета неразрезных балок.
23. Устойчивость сжатых стержней. Определение критического усилия.
24. Вывод формулы Эйлера. Влияние способа закрепления концов стойки.

25. Практический метод расчета сжатых стержней на устойчивость.
26. Устойчивость сжатых стержней. Пределы применимости формулы Эйлера.
27. Устойчивость сжатых стержней. Рациональные типы сечений и способов закрепления.
28. Продольно - поперечный изгиб. Приближенный метод расчета.
29. Динамическое нагружение. Расчет элементов конструкций при известных силах инерции.
30. Динамическое нагружение. Удар.
31. Динамическое нагружение. Колебания упругих систем.
32. Переменные напряжения. Характеристики цикла напряжений. Предел выносливости. Факторы, влияющие на предел выносливости.
33. Переменные напряжения. Диаграмма предельных амплитуд.
34. Переменные напряжения. Понятие о расчете на выносливость.
35. Расчет тонкостенных осей симметричных оболочек по без моментной теории. Уравнение Лапласа.
36. Практическое использование уравнения Лапласа при расчете оболочек. Расчет на прочность. Примеры расчета.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Асадулина Е. Ю. Техническая механика: сопротивление материалов: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / Е. Ю. Асадулина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 265 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/492138>.
2. Атапин В. Г. Сопротивление материалов: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / В. Г. Атапин. — 2-е изд., перераб. и доп. —

Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 342 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/489177>.

3. Валишвили Н. В. Сопротивление материалов и конструкций: учебник для вузов [Электронный ресурс] / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 429 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/489807>.

7.2 Дополнительная литература

1. Кривошапко С. Н. Сопротивление материалов: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / С. Н. Кривошапко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 397 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488846>.

2. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник [Электронный ресурс] / П.А. Степин. — 13-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2021. — 320 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168383>.

7.3 Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ — Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7719 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ — Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28889 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

3. ИНСТРУМЕНТ. ТЕХНОЛОГИЯ. ОБОРОУДОВАНИЕ — Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8742 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

5. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

6. ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28006 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

7.4 Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	https://urait.ru/
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	e.lanbook.com
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	https://www.iprbookshop.ru/
4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	http://elibrary.ru
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	http://link.springer.com/
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://tti-mephi.ru/ttimephi/sveden/objects>