

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 бакалавриата
по направлению подготовки
08.03.01 Строительство,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Устойчивость конструктивных систем при проектных и запроектных
воздействиях**

Направление подготовки: 08.03.01 Строительство

Направленность (профиль): Промышленное и гражданское строительство

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: 2081
Подписал: заведующий кафедрой Федоров Виктор Сергеевич
Дата: 22.04.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций, необходимых для решения задач, связанных с вопросами обеспечения и оценки механической безопасности проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений.

Задачи дисциплины «Устойчивость конструктивных систем при проектных и запроектных воздействиях» заключаются в формировании у обучающихся комплекса знаний и навыков для анализа и обеспечения устойчивости зданий и сооружений: освоение нормативных требований и методов расчёта (линейных и нелинейных, статических и динамических), изучение принципов проектирования устойчивых конструкций (включая системы демпфирования и сейсмоизоляции), овладение работой с расчётными программными комплексами (SCAD, ЛИРА?САПР, ANSYS и др.), выработка умений оценивать риски и прогнозировать поведение конструкций при проектных и экстремальных (запроектных) воздействиях, а также разработка мероприятий по усилению и мониторингу несущих систем с целью гарантирования безопасности и эксплуатационной надёжности сооружений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-2 - Способен выполнять работы по проектированию строительных конструкций и оснований промышленных и гражданских зданий, обеспечивать механическую безопасность проектируемых и реконструируемых зданий и сооружений, в том числе с использованием современных проектно-вычислительных программных комплексов и систем компьютерного инжиниринга.

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

Знать:

основные положения нормативных документов в области конструктивной безопасности зданий; структуру программного обеспечения и особенности реализации алгоритмов расчёта несущих систем на стойкость к прогрессирующему обрушению; основные и сопутствующие причины отказов (аварий) зданий и сооружений; закономерности физического износа элементов стальных и железобетонных каркасов зданий; характер и причины

появления дефектов в конструкциях зданий и сооружений; анализировать воздействия окружающей среды на материалы в конструкциях; методы оценки безопасной работы строительных конструкций; способы повышения качества строительных конструкций и выявления скрытых резервов несущей способности;

Уметь:

выбрать конструктивные мероприятия, обеспечивающие требуемый уровень стойкости несущих систем к прогрессирующему обрушению; выявлять неудачные проектные решения строительных конструкций; выявлять признаки аварийного состояния строительных конструкций; использовать на практике знания, полученные в ходе изучения дисциплины при выполнении работ по проведению обследований зданий и инженерных сооружений;

Владеть:

оценкой реальных конструктивных решений зданий с позиций конструктивной безопасности; решения задач защиты от прогрессирующего обрушения с использованием возможностей современных программных комплексов конечно-элементного анализа. разработки рекомендаций по устранению выявленных в процессе обследования дефектов; навыками применения расчетно-конструкторских методов повышения безопасности зданий и сооружений; навыками оценки технического состояния строительных конструкций и их остаточного ресурса;

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 №6 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 32 | 32 |
| В том числе: | | |
| Занятия лекционного типа | 16 | 16 |
| Занятия семинарского типа | 16 | 16 |

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 76 академических часа (ов).

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

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|-------|--|
| 1 | <p>Раздел 1. Обзор современных аварий зданий и сооружений. Анализ аварийности зданий и сооружений. Причины аварийного разрушения конструкций</p> <p>1.1. Анализ, причины и последствия аварийных ситуаций. Классификация отказов (аварий) зданий и сооружений. Основные и сопутствующие причины отказов. Виды динамических нагрузок, вызывающих аварии зданий и сооружений. Проектные и запроектные воздействия на здания.</p> <p>1.2. Отказы, вызванные несовершенством нормативных баз, ошибками при проектировании, ошибками при изготовлении или возведении, ошибками при эксплуатации, внешними воздействиями. Характерные примеры отказов. Статистика обрушений. Причины необходимости исследования отказов. Отказы, послужившие началом развития научных исследований. Способы предотвращения отказов.</p> <p>1.3. Понятие устойчивости функционирования зданий. Особенности обеспечения устойчивости зданий при строительстве и эксплуатации. Основы конструктивной (механической) безопасности. Базовые требования. Критерии оценки уровня конструктивной безопасности. Методы обеспечения конструктивной безопасности.</p> |
| 2 | <p>Раздел 2. Действительная работа строительных конструкций зданий и сооружений</p> <p>2.1. Здание и сооружение, как сложная природно-техногенная система. Воздействия техногенных факторов на природную систему и реакция природной системы на подобные воздействия.</p> <p>2.2. Закономерности физического износа элементов стальных и железобетонных каркасов зданий. Неудачные проектные решения узлов сопряжений сборных железобетонных конструкций. Недостатки проектных решений многослойных стен с монолитным железобетонным каркасом.</p> |
| 3 | <p>Раздел 3. Дефекты строительных конструкций и их последствия. Признаки аварийного состояния</p> <p>3.1. Дефекты фундаментов мелкого заложения. Дефекты каменных конструкций. Дефекты стен крупнопанельных зданий.</p> <p>3.2. Дефекты сборных железобетонных колонн, балок (ригелей), ферм покрытий, плит покрытий и перекрытий, подкрановых балок. Дефекты вертикальных связей между колоннами. Дефекты</p> |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|-------|--|
| | <p>монолитных железобетонных конструкций, вызванные нарушением технологии их возведения. Дефекты железобетонных балконных плит и козырьков.</p> <p>3.3. Дефекты деревянных конструкций. Дефекты стальных конструкций. Влияние температурного режима чердачных помещений и бесчердачных совмещенных покрытий на сохранность строительных конструкций.</p> |
| 4 | <p>Раздел 4. Защита зданий от прогрессирующего обрушения</p> <p>4.1. Понятие прогрессирующего (лавинобразного) обрушения. Примеры прогрессирующего обрушения несущих систем. Нормативная база, организационные и конструктивные мероприятия по защите от прогрессирующего обрушения.</p> <p>4.2. Основные положения расчёта на прогрессирующее обрушение. Учитываемые нагрузки и воздействия. Методы расчёта (метод предельного равновесия, метод конечных элементов). Учёт динамических догрузений при внезапном выключении отдельных элементов.</p> <p>4.3. Критерии стойкости к прогрессирующему обрушению. Анализ стойкости различных типов конструктивных систем к прогрессирующему обрушению.</p> |

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|-------|--|
| 1 | <p>Анализ проектных и запроектных воздействий: классификация и расчётные сочетания</p> <p>идентификация типов нагрузок (статические, динамические, сейсмические, ветровые, температурные, аварийные);</p> <p>составление расчётных сочетаний воздействий по СП;</p> <p>оценка вероятности и интенсивности экстремальных воздействий для заданного региона</p> |
| 2 | <p>Расчёт устойчивости центрально сжатых стержней</p> <p>определение критической силы по формуле Эйлера;</p> <p>учёт условий закрепления и гибкости элемента;</p> <p>проверка устойчивости с учётом несовершенств (начальные искривления, эксцентриситеты);</p> <p>построение графиков зависимости критической нагрузки от длины и сечения стержня.</p> |
| 3 | <p>Моделирование потери устойчивости плоской формы изгиба балок</p> <p>расчёт критического момента для балок с различным сечением и закреплением;</p> <p>анализ влияния поперечных связей и жёсткости поясов;</p> <p>оценка эффективности мероприятий по повышению устойчивости (диафрагмы, распорки)</p> |
| 4 | <p>Расчёт каркасных систем на устойчивость при сейсмических воздействиях</p> <p>формирование расчётной модели каркаса (рамная, связевая, комбинированная схема);</p> <p>задание спектральных кривых и акселерограмм;</p> <p>расчёт перемещений, усилий и форм потери устойчивости;</p> <p>проверка соответствия требованиям СП по сейсмостойкости.</p> |

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|----------|---|
| 5 | <p>Анализ прогрессирующего обрушения конструкций моделирование локального разрушения элемента (колонна, узел, связь);</p> <p>расчёт перераспределения усилий и выявление критических зон;</p> <p>разработка мер по предотвращению цепного разрушения (резервирование, «слабые звенья»);</p> <p>оценка живучести системы при аварийных воздействиях.</p> |
| 6 | <p>Расчёт устойчивости тонкостенных конструкций (оболочки, панели?оболочки) определение критических нагрузок для различных форм потери устойчивости;</p> <p>учёт геометрической и физической нелинейности;</p> <p>анализ влияния начальных несовершенств и краевых условий;</p> <p>подбор оптимальных параметров жёсткости и подкреплений.</p> |
| 7 | <p>Моделирование нелинейного поведения соединений при динамических нагрузках выбор расчётных моделей для сварных, болтовых и шарнирных узлов;</p> <p>учёт пластичности, ползучести и деградации жёсткости;</p> <p>расчёт циклической прочности и накопления повреждений;</p> <p>визуализация зон пластических деформаций.</p> |
| 8 | <p>Разработка мероприятий по усилению конструкций для повышения устойчивости анализ дефектов и повреждений существующих конструкций;</p> <p>проектирование дополнительных связей, диафрагм жёсткости, демпферов;</p> <p>расчёт эффективности усиления (изменение частот, форм колебаний, критической нагрузки);</p> <p>технико-экономическое сравнение вариантов усиления.</p> |

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы |
|----------|---|
| 1 | Подготовка к практическим занятиям. Работа с лекционным материалом. Работа с нормативной, справочной и учебной литературой. |
| 2 | Выполнение расчетно-графической работы. |
| 3 | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 4 | Подготовка к текущему контролю. |

4.4. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Расчёт устойчивости сжатого стержня с различными условиями закрепления

определение критической силы по Эйлеру для шарнирно опертого, консольного и жёстко закреплённого стержней;

учёт влияния гибкости и начального искривления;

построение графиков зависимости критической нагрузки от длины и сечения;

оформление расчётной схемы и эпюр.

Анализ устойчивости плоской формы изгиба балки

расчёт критического момента для двутавровой балки при разных схемах закрепления;

оценка влияния поперечных связей и жёсткости поясов;

разработка мероприятий по повышению устойчивости (диафрагмы, распорки);

графическое представление форм потери устойчивости.

Расчёт каркасной системы на сейсмические воздействия (линейно-спектральный метод)

формирование расчётной модели рамного/связевого каркаса;

задание спектральных кривых и расчётных ускорений;

определение перемещений, усилий и форм колебаний;

проверка соответствия СП по сейсмостойкости;

оформление схем и изополей напряжений.

Моделирование прогрессирующего обрушения при локальном разрушении колонны

создание расчётной модели многоэтажного каркаса;

имитация удаления одной колонны;

анализ перераспределения усилий и выявление критических зон;

разработка мер по предотвращению цепного разрушения;

графические схемы до и после повреждения.

Расчёт устойчивости тонкостенной оболочки при осевом сжатии

определение критической нагрузки для цилиндрической/конической оболочки;

учёт начальных несовершенств и краевых условий;

анализ форм потери устойчивости (волнообразование);

подбор толщины и рёбер жёсткости;

построение изополей деформаций и напряжений.

Расчёт несущей способности узла при циклических нагрузках

моделирование сварного/болтового соединения в ПК;

задание циклической нагрузки (амплитуда, частота);

анализ накопления пластических деформаций и усталостной прочности;

визуализация зон концентрации напряжений;

оформление эпюр и графиков циклического нагружения.

Оценка устойчивости здания при ветровых пульсациях

формирование динамической модели здания (МКЭ);

задание ветровой нагрузки по СП (средняя + пульсационная составляющие);

расчёт первых форм и частот колебаний;

проверка предельных перемещений и ускорений;

схемы ветровых воздействий и форм колебаний.

Расчёт тепловых деформаций и устойчивости конструкции при неравномерном нагреве

задание температурного поля (градиент, локальные зоны нагрева);

расчёт термических напряжений и перемещений;

анализ потери устойчивости из-за температурных деформаций;

разработка компенсационных мероприятий (швы, опоры);

изополя температур и деформаций.

Проектирование сейсмоизолирующей системы для здания

выбор типа сейсмоизоляторов (резинометаллические, скользящие и т. п.);

расчёт параметров изоляции (жёсткость, демпфирование);

сравнение реакций здания с изоляцией и без;

проверка перемещений и усилий в несущих элементах;

схемы размещения сейсмоизоляторов и расчётные разрезы.

Комплексный анализ устойчивости здания при комбинированных воздействиях

сочетание статической нагрузки, сеймики и ветровых пульсаций;

расчёт по суперпозиции и прямым динамическим методам;

оценка запаса устойчивости по разным сценариям;

разработка рекомендаций по усилению критических зон;

сводные графики и схемы нагружения, форм потери устойчивости.

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

| № п/п | Библиографическое описание | Место доступа |
|-------|---|---|
| 1 | Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре | https://znanium.ru/catalog/document? |

| | | |
|---|--|---|
| | Андреев Юрий Александрович, Батуро Алексей Николаевич, Едимичев Дмитрий Александрович, Карелин Евгений Николаевич, Минкин Андрей Николаевич, Ширинкин Павел Владимирович Учебное пособие Сибирская пожарно-спасательная академия , 2019 | id=353769 |
| 2 | Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения Терехов Лев Дмитриевич, Воловник Георгий Исаевич, Терехова Екатерина Львовна Учебное пособие Инфра-Инженерия , 2023 | https://znanium.ru/catalog/document?id=434413 |

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

<http://library.miit.ru> – научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ)

<https://ibooks.ru> – электронно-библиотечная система

<https://e.lanbook.com/> – электронно-библиотечная система

<https://elibrary.ru> – электронная научная библиотека. <https://www.book.ru/> – электронно-библиотечная система от правообладателя

<http://www.dwg.ru> – специализированный строительный портал

<https://www.faufcc.ru> – сайт федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве

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

Для проведения занятий необходим стандартный программный комплекс Microsoft Office, продукты компании Autodesk (Revit), проектно-вычислительный комплекс SCAD Office

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

Аудитория с мультимедиа аппаратурой для проведения лекционных занятий. Учебная аудитория для практических занятий и самостоятельной работы студентов.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

А.Е. Меднов

Согласовано:

Заведующий кафедрой СКЗиС

В.С. Федоров

Председатель учебно-методической
комиссии

М.Ф. Гуськова