



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

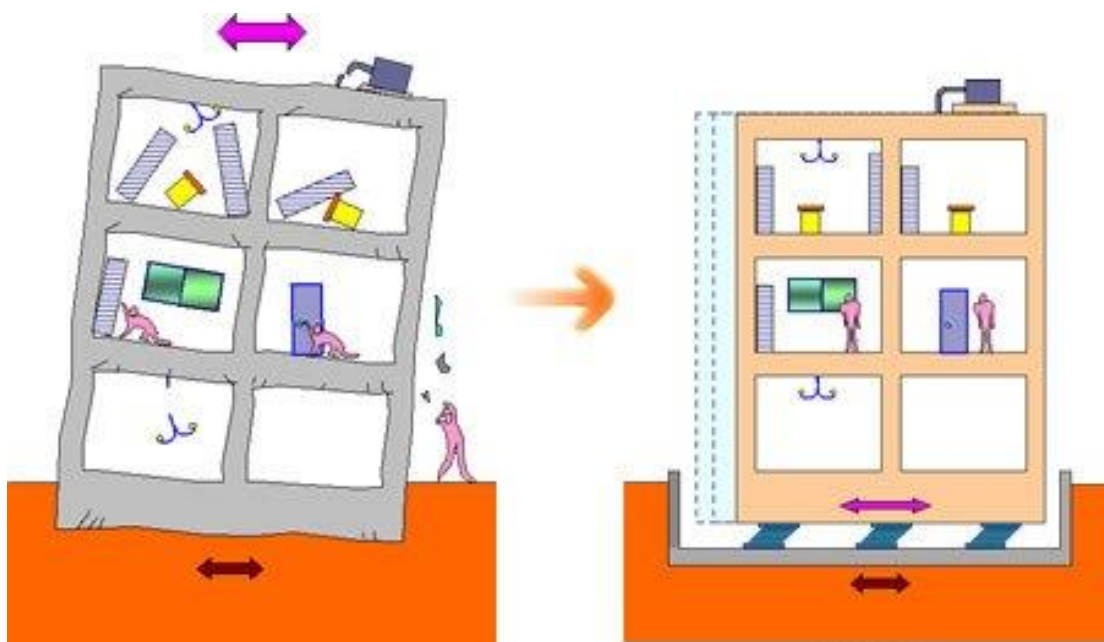
Филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»
в поселке Яблоновском

Кафедра транспортных процессов и техносферной безопасности

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы студента

для направления подготовки
08.03.01 Строительство
(для всех форм обучения)



поселок Яблоновский, 2026

УДК 624.042.7+699.841
ББК 38.48я73
М-54

Печатается по решению кафедры транспортных процессов и техносферной безопасности (протокол № 4 от 02.12.2025 г.)

Составители: Ягубов Эмин Зафар оглы, заведующий кафедрой транспортных процессов и техносферной безопасности Филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском, доктор технических наук, доцент

Гучетль Зарема Чатибовна, кандидат философских наук, доцент кафедры транспортных процессов и техносферной безопасности Филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском

Сейсмостойкость зданий и сооружений: Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студента для направления подготовки 08.03.01 Строительство – пос. Яблоновский, 2026. – 12 с.

Методические рекомендации составлены в соответствии с требованиями ГОС ВО и раскрывают теоретико-методологические характеристики и способы организации самостоятельной работы студентов, позволяющие более эффективно работать с учебной и научной литературой, критически осмысливать прочитанный и изученный материал по дисциплине «Сейсмостойкость зданий и сооружений».

ВВЕДЕНИЕ

Строительство в сейсмически активных регионах сопряжено с экстремальными динамическими рисками, способными в течение нескольких секунд нанести колоссальный материальный ущерб инфраструктуре и повлечь за собой массовые человеческие жертвы. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений — это одна из сложнейших и наиболее ответственных задач современной инженерной мысли [СП 14.13330]. По мере урбанизации сейсмоопасных зон, роста этажности жилых комплексов и возведения уникальных большепролетных и экологически опасных промышленных объектов требования к точности прогнозирования динамического поведения несущих систем становятся предельно жесткими.

Современный этап развития строительной науки характеризуется качественным переходом от пассивного увеличения массивности конструкций к внедрению адаптивных, динамически управляемых систем. В инженерную практику прочно вошли методы активной сейсмозащиты, такие как сейсмоизоляция с применением **резинометаллических (PMCO) и маятниковых опор**, динамическое гашение колебаний и применение вязкостных демпферов. Параллельно с этим расчетные комплексы позволяют выполнять прямое динамическое моделирование поведения зданий во временной области по реальным акселерограммам землетрясений, учитывая геометрическую и физическую нелинейность работы материалов.

Дисциплина **«Сейсмостойкость зданий и сооружений»** является важнейшей профилирующей дисциплиной для инженеров-строителей, геотехников и мостовиков, чья деятельность связана с проектированием и возведением объектов в сложных геодинамических условиях. Данный курс носит ярко выраженный междисциплинарный характер и базируется на глубокой интеграции фундаментальных и прикладных наук: *инженерной сейсмологии, геофизики, динамики сооружений, строительной механики и теории упругости*. Программа дисциплины полностью опирается на

актуальную нормативную базу РФ и международные стандарты, главным из которых является **СП 14.13330 «Строительство в сейсмических районах»** [СП 14.13330].

Целью изучения дисциплины является формирование у будущих инженеров-строителей системного научно-инженерного мышления, теоретической базы и практических навыков в области проектирования, конструирования и поверочного расчета сейсмостойких гражданских, промышленных и транспортных сооружений с обеспечением критериев их эксплуатационной безопасности и живучести.

Для достижения поставленной цели в процессе изучения курса решаются следующие **основные задачи**:

- Изучение фундаментальных элементов инженерной сейсмологии, природы тектонических процессов, параметров волновых колебаний грунта (*ускорений, доминирующих периодов*) и шкал балльности землетрясений;
- Освоение принципов общего (ОСР), детального (ДСР) сейсмического районирования и микрорайонирования (СМР) площадок строительства с учетом категорий грунтов;
- Изучение теоретических основ и физических принципов работы **систем активной сейсмозащиты** (сейсмоизолирующих фундаментов, демпфирующих устройств и инерционных гасителей);
- Формирование навыков рационального конструирования каркасных, рамно-связевых и стеновых систем зданий, обеспечивающих пространственную жесткость, регулярность распределения масс и высокую пластичность узлов сопряжения элементов;
- Изучение специфики проектирования и защиты транспортных сооружений (мостов, путепроводов) от сброса пролетных строений с опор при сильных толчках;
- Освоение методологии расчета конструкций на сейсмические воздействия на основе **линейно-спектрального метода (ЛСМ)**, а также

ознакомление с алгоритмами прямого динамического анализа по акселерограммам землетрясений;

- Изучение методов учета неупругого поведения материалов через систему нормативных коэффициентов редукции сейсмических сил.

В результате освоения дисциплины студент должен **знать** природу сейсмических нагрузок, правила назначения расчетной балльности площадки, конструктивные требования к элементам каркасов; **уметь** формировать расчетно-динамические схемы сооружений, определять периоды и формы собственных колебаний, рассчитывать сейсмические силы и проектировать антисейсмические швы; **владеть** методами спектрального анализа динамических систем и навыками конструирования узлов с контролируемым развитием пластических шарниров.

Настоящие методические указания разработаны для систематизации самостоятельной работы студентов, оказания методической помощи при выполнении расчетно-практических занятий, курсового проектирования, а также для объективной самопроверки уровня полученных знаний перед промежуточной аттестацией.

Лекция 1. Элементы инженерной сейсмологии. Характеристика землетрясений. Сейсмическое районирование

Природа сейсмических явлений: очаг землетрясения (гипоцентр) и его проекция на земную поверхность (эпицентр). Классификация землетрясений по происхождению (тектонические, вулканические, обвальные, наведенные/техногенные).

Характеристики землетрясений:

Магнитуда (M) — безразмерная величина, характеризующая общую энергию, выделившуюся в очаге (шкала Рихтера).

Интенсивность (I) — степень разрушений и проявлений землетрясения на поверхности земли, измеряемая в баллах по шкале **MSK-64** или актуальной шкале **ШСИ-17** (от 1 до 12 баллов).

Параметры колебаний грунта: Ускорение, скорость, смещение, доминирующий период и общая продолжительность сейсмического воздействия.

Сейсмическое районирование:

Общее сейсмическое районирование (ОСР): Карты ОСР территорий, определяющие нормативную сейсмичность в баллах и повторяемость сейсмических воздействий (например, карты А, В, С для различных типов объектов).

Детальное сейсмическое районирование (ДСР) и Сейсмическое микрорайонирование (СМР): Оценка влияния местных грунтовых, гидрогеологических и геоморфологических условий на изменение интенсивности сейсмических колебаний на конкретной строительной площадке (учет категорий грунтов по сейсмическим свойствам).

Лекция 2. Методы активной сейсмозащиты

Все методы защиты зданий от землетрясений разделяют на пассивные (традиционное усиление каркаса) и активные (регулирование динамической реакции сооружения).

Сейсмоизоляция: Отделение надфундаментной части здания от колеблющегося основания. Применение гибких нижних этажей, скользящих опор, **резинометаллических сейсмоизолирующих опор (РМСО)** и маятниковых опор. Физический смысл — увеличение периода собственных колебаний здания за пределы опасного диапазона частот сейсмического спектра.

Динамическое гашение колебаний: Установка на верхних этажах или покрытии сооружения дополнительных масс с демпфирующими элементами (инерционные гасители), настраиваемых в противофазу колебаниям здания.

Демпфирование (рассеяние энергии): Введение в несущую систему специальных энергопоглотителей (вязкостных, фрикционных, металлических текучих демпферов), которые поглощают и трансформируют кинетическую энергию сейсмической волны во внутреннее тепло, снижая нагрузку на основные несущие элементы.

Лекция 3. Конструктивные системы зданий и сооружений для строительства в сейсмоактивных районах и транспорт

Архитектурно-планировочные решения должны быть максимально симметричными, компактными и простыми, без резких перепадов масс и жесткостей во времени и пространстве.

Гражданские и промышленные здания:

Каркасные системы: Стальные или монолитные железобетонные каркасы с обеспечением высокой пластичности узлов (зон пластических шарниров).

Стеновые и рамно-связевые системы: Монолитные здания с ядрами и диафрагмами жесткости, крупнопанельные здания.

Антисейсмические швы: Проектирование деформационных швов, разделяющих сложные или протяженные здания на простые отсеки регулярной формы, исключая соударение блоков при колебаниях.

Транспортные сооружения: особенности обеспечения сейсмостойкости мостов, путепроводов и эстакад. Конструирование массивных устоев, антисейсмических обустройств пролетных строений (стопоры, упоры, просадочные плиты) во избежание сброса пролетов с опор при сильных толчках.

Лекция 4. Основные положения расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия

Расчет конструкций на сейсмостойкость является сложной динамической задачей пространственного моделирования.

Методы расчета:

Линейно-спектральный метод (ЛСМ): Основной нормативный метод, при котором расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} для i -й формы колебаний и k -й точки сооружения определяется через спектр коэффициентов динамичности β_i , зависящих от периода собственных колебаний и категории грунта.

Прямое динамическое моделирование (динамический анализ): Расчет сооружения во временной области путем прямого интегрирования уравнений движения с использованием реальных или синтезированных **акселерограмм** опасных землетрясений (применяется для уникальных, высотных и особо ответственных объектов).

Учет неупругой работы материалов: Введение в расчет коэффициентов редукции сейсмических сил (K_1 или K_ϕ), учитывающих способность конструкций рассеивать энергию за счет развития пластических деформаций и локальных повреждений, не приводящих к обрушению.

Основные сочетания нагрузок: Сейсмическая нагрузка включается в состав особых сочетаний нагрузок с введением соответствующих коэффициентов сочетаний для постоянных и временных сил.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается фундаментальное различие между понятиями «магнитуда землетрясения» и «интенсивность землетрясения в баллах»? Какое из них напрямую используется при сборе нагрузок на здание?

2. Опишите физическую природу и характер распространения продольных, поперечных и поверхностных сейсмических волн. Какая из этих волн наносит наибольшие разрушения наземным объектам?

3. Каким образом шкала **ШСИ-17** соотносит балльность землетрясения с инструментальными параметрами — пиковыми ускорениями грунта?

4. Объясните назначение карт общего сейсмического районирования (**ОСР-2015/ОСР-2016**). В каких случаях проектировщик обязан использовать карту А, карту В или карту С?

5. Что такое сейсмическое микрорайонирование (СМР)? Как изменяется расчетная сейсмичность строительной площадки при наличии слабых водонасыщенных грунтов (III и IV категорий по сейсмическим свойствам согласно СП 14.13330)?

6. Как глубина залегания уровня грунтовых вод (УГВ) влияет на изменение балльности площадки при сейсмическом микрорайонировании?

7. Сформулируйте принципиальное отличие пассивных методов обеспечения сейсмостойкости (увеличение сечений элементов,

дополнительное армирование) от методов активной сейсмозащиты.

8. В каких случаях маятниковые (фрикционно-подвижные) опоры более эффективны, чем эластомерные РМСО?

9. Объясните принцип действия динамических гасителей колебаний (ДГК). В какой части здания (высотного сооружения, дымовой трубы) их необходимо устанавливать для максимального эффекта?

10. Каким образом вязкостные и фрикционные демпферы снижают кинетическую энергию сейсмического удара? Как это сказывается на работе основных несущих узлов каркаса?

11. Почему при проектировании сейсмостойких зданий жестко предписывается соблюдать симметрию и регулярность распределения масс и жесткостей в плане и по высоте? К каким последствиям приводит смещение центра масс относительно центра жесткости этажа?

12. Каковы особенности конструирования монолитных железобетонных каркасов для сейсмических районов? Зачем в пропорных зонах балок и колонн устанавливается учащенный шаг поперечной арматуры (хомутов)?

13. Что такое «пластический шарнир»? Каким образом проектировщик может запрограммировать появление пластических шарниров в ригелях, а не в колоннах каркаса, для предотвращения мгновенного обрушения?

14. Каково назначение антисейсмических швов? Как рассчитывается минимально допустимая ширина такого шва, и что произойдет, если зазор окажется недостаточным?

15. Перечислите специфические конструктивные требования к мостовым сооружениям в сейсмических зонах. Какие инженерные устройства предотвращают сброс пролетных строений с промежуточных опор?

16. Каковы особенности проектирования подпорных стен и устоев мостов с учетом совместного действия сейсмического давления грунта и инерционных сил?

17. Запишите базовое дифференциальное уравнение движения здания как системы с одной степенью свободы при сейсмическом воздействии. Какие силы (инерции, демпфирования, упругости) в него входят?

18. Каким образом производится суммирование сейсмических сил и усилий по различным формам собственных колебаний (метод КВК — квадратный корень из суммы квадратов)? Почему нельзя просто сложить усилия арифметически?

19. В чем заключается метод прямого динамического анализа во временной области? Чем реальная акселерограмма землетрясения отличается от синтезированной (обобщенной) акселерограммы?

20. Какие типы объектов в обязательном порядке подлежат расчету по акселерограммам с учетом нелинейной работы конструкций согласно нормам?

21. Как формируются особые сочетания нагрузок при наличии сейсмического воздействия? Какие коэффициенты сочетаний применяются к кратковременным (снеговым, ветровым) нагрузкам в этом случае?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с изменениями Минстроя России по состоянию на 2026 год). — Москва: Минстрой России, 2018. — 120 с.

2. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (в части сейсмических воздействий на пролетные строения и устои). — Москва: Минрегион России, 2011. — 340 с.

3. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия. — Москва : Минстрой России, 2017. — 68 с.

4. ГОСТ 34060-2017. Опоры резиновые сейсмоизолирующие для зданий и сооружений. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2017. — 32 с.

5. Уздин, А. М. Основы сейсмостойкого строительства: учебное пособие для вузов / А. М. Уздин, Т. А. Сандович, Аль-Насир Самих Амин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Издательство СПбГУ, 2021. — 460 с. — ISBN 978-5-288-06104-2.

6. Перельмутер, А. В. Избранные задачи динамики и сейсмостойкости строительных конструкций: учебное пособие для вузов / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. — Москва: СКАД СОФТ, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-903383-48-1.

7. Поляков, С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий : учебное пособие для строительных специальностей вузов / С. В. Поляков. — Репринт. изд. — Москва: Книга по Требованию, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-458-36011-1.

8. Смирнов, С. Б. Сейсмостойкость зданий и сооружений: учебник для вузов / С. Б. Смирнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-507-49332-6.

9. Айзенберг, Я. М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов: монография / Я. М. Айзенберг. — Москва: Стройиздат, 1976. — 232 с.

10. Рутман, Ю. Л. Сейсмоизоляция зданий и сооружений: теория и проектирование: монография / Ю. Л. Рутман. — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. — 196 с. — ISBN 978-5-9227-1190-4.

11. Уздин, А. М. Сейсмостойкость мостов и транспортных сооружений: монография / А. М. Уздин, И. О. Кузнецова. — Москва: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2020. — 280 с. — ISBN 978-5-907206-38-0.