

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ К СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

*Скрипченко Владислав Александрович, студент 2-го курса
кафедры «Технология и методика преподавания»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Коваленок Н.В., старший преподаватель)*

Математический расчёт устойчивости зданий к сейсмическим воздействиям - важная задача инженерии и строительства. Численные методы, такие как метод конечных элементов (МКЭ) и разностные схемы помогают понять, как здание будет вести себя во время землетрясения, но применяются они в разных случаях.

Для понимания воздействия сейсмических волн на здание важно знать скорость их распространения в материале. Эту скорость можно рассчитать с помощью следующей формулы:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

где v — скорость волны, E — модуль упругости материала, а ρ — плотность материала. Рассмотрим бетон, у которого $E = 30 \times 10^9$ Па, а $\rho = 2500$ кг/м³. Подставляя значения, получим:

$$v = \sqrt{\frac{30 \times 10^9}{2500}} = \sqrt{12 \times 10^6} \approx 3464 \text{ м/с}$$

Это значение показывает, с какой скоростью сейсмическая волна распространяется в бетоне. Зная эту скорость, можно определить, как быстро волна достигнет верхних частей здания, и оценить риск повреждений.

МКЭ основывается на разбиении конструкции на отдельные элементы, каждый из которых описывается с учётом свойств материала, таких как плотность, упругость и прочность. Это позволяет детально рассматривать распределение напряжений и деформаций, спрогнозировать развитие трещин и разрушений, а также анализировать колебания конструкции. Например, используя МКЭ, можно определить, какие части здания наиболее подвержены резонансу или разрушению, и провести их усиление. Метод особенно эффективен для сложных объектов, таких как высотные здания или мосты, где

необходимо учитывать сложную геометрию и особенности материалов при больших нагрузках.

Разностные схемы используются для изучения того, как сейсмические волны распространяются через здание. Этот метод делит конструкцию на узлы, что упрощает расчёты и позволяет понять, как волны передаются и где энергия колебаний может накапливаться. Узлы — это точки на модели здания, в которых рассчитываются его колебания или деформации. Разностные схемы помогают выявить зоны, где колебания особенно сильны, что важно для оценки взаимодействия грунта и здания. Однако для точных результатов требуется большое количество узлов, что увеличивает объём вычислений. (Рис. 1).

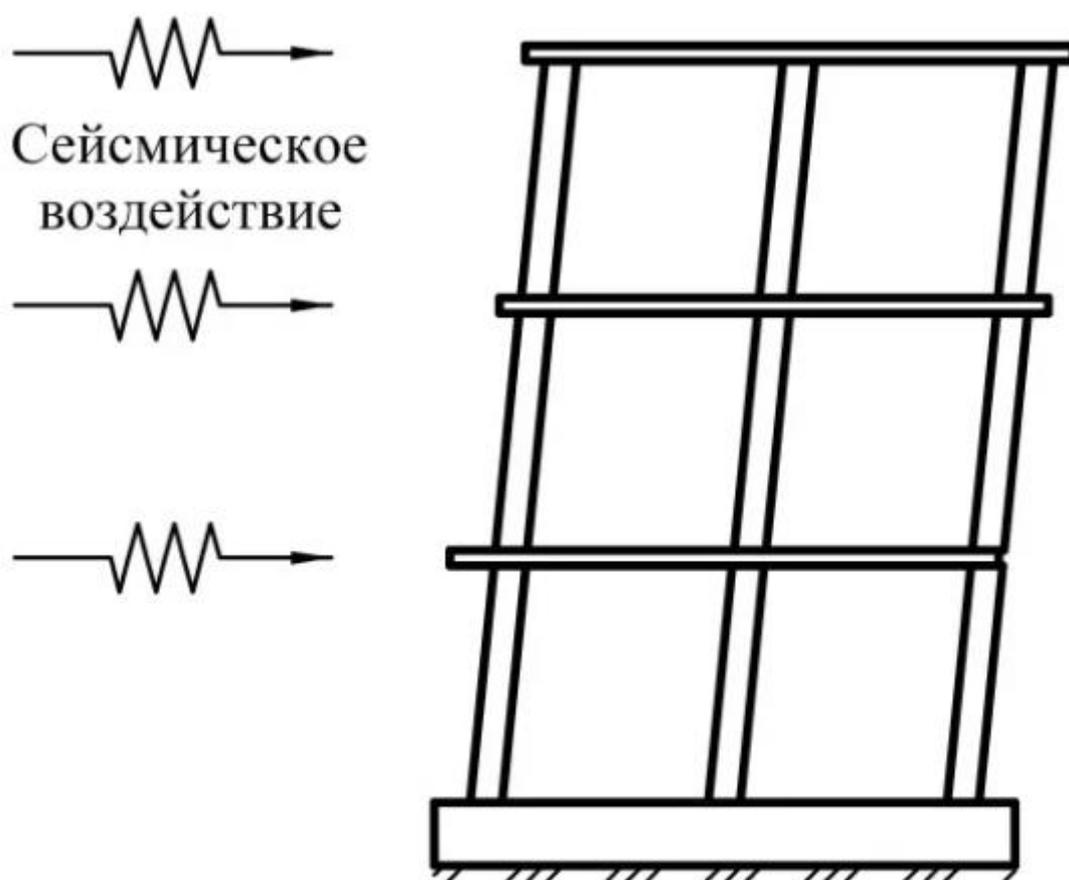


Рисунок 1 – Деформированная схема здания

Если сравнить эти методы, то МКЭ превосходит разностные схемы в точности и универсальности, особенно при анализе сложных конструкций. Тем не менее, разностные схемы остаются ценным инструментом для первичного анализа сейсмических волн. Гибридный подход, объединяющий оба метода, позволяет получить более полное представление о поведении здания. Например, разностные схемы можно использовать для быстрого расчёта волновых процессов, а МКЭ — для детального анализа наиболее уязвимых зон здания.

Работа над исследованием математических методов расчёта устойчивости зданий к сейсмическим воздействиям научила меня насколько важно учитывать физические свойства материалов и взаимодействие здания с грунтом для обеспечения его надёжности. В результате автор подчеркнул значимость научного подхода в строительной практике и важность детального анализа для обеспечения безопасности сооружений.

Литература:

1. Морозов, А. И. "Анализ устойчивости зданий при сейсмических воздействиях" - Журнал строительных наук, 2023, № 2, с. 45-56.
2. SOFiSTiK: расчетный комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.sofistik.de. – Дата доступа : 01.10.2022.
3. ASCE Library - Библиотека Американского общества гражданских инженеров с множеством публикаций на тему сейсмической устойчивости. - Режим доступа: <https://ascelibrary.org>. - Дата доступа: 03.11.2024.
4. Международная конференция "Строительство в сейсмических зонах" - Программа и материалы, 2022. - Режим доступа: <https://www.seismic-conference.org>. - Дата доступа: 03.11.2024.