

## Оценка напряженно-деформированного состояния жилого здания из LVL при сейсмическом воздействии различной частоты

**Аннотация:** представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) жилого здания из LVL при сейсмическом воздействии различной частоты. В рамках исследования проведены численное моделирование и анализ НДС каркасного здания из LVL с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Рассмотрены различные сценарии сейсмических воздействий, включая низкочастотные и высокочастотные колебания. Установлено, что частота сейсмических нагрузок существенно влияет на распределение напряжений и деформаций в конструкции, особенно в узлах соединений.

**Ключевые слова:** LVL, сейсмическое воздействие, сейсмостойкость, сейсмическая устойчивость

**Цель работы:** — оценить влияние динамических характеристик сейсмических нагрузок на поведение LVL-конструкции.

**Объект исследования:** В качестве объекта исследования принята 4-х этажный жилой дом.

**Предмет исследования:** Напряженно-деформированное состояние элементов конструкций объекта.

### Метод и описание:

В качестве объекта исследования принята 4-х этажный жилой дом. Несущие конструкции каркаса выполнены из однонаправленного шпона (LVL) производства «Талеон-Терра». Перекрытия выполнены из CLT-панелей. Лестничный узел выполнен из железобетона. Визуализация здания представлена на рисунке 1.

Допущения, принимаемые для присвоения граничных условий расчетных моделей:

- Совместная работа с грунтовым основанием не учитывается;
- Конечная жесткость узлов примыкания не учитывается при исследовании напряженно-деформированного состояния элементов;
- Перекрытия выполняются из CLT-панелей, разница свойств между слоями панелей учитывается встроенным функционалом программного комплекса;



Рисунок 1 – Визуализация рассматриваемого здания

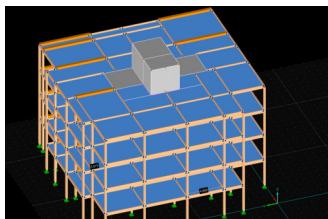


Рисунок 2 – Расчетная схема рассматриваемого здания

Вертикальные несущие конструкции, основной функцией которых является передача вертикальных нагрузок – колонны из однонаправленного шпона первого типа сечением 400x200 мм. Для повышения жесткости здания в целом на горизонтальные нагрузки, а так же для повышения сейсмостойкости, необходимо предусмотреть в здании систему восприятия поперечных нагрузок (далее – СВПП). В данном здании элементами СВПП являются стены лифтового узла, выполненные из железобетона. Расчетная схема представлена на рисунке 2. Расчетная модель смоделирована в программном комплексе DLUBAL RFEM 5.29.

### Моделирование сейсмических нагрузок:

К расчетной схеме прикладывалась нагрузка от собственного веса несущих конструкций, а так же ограждающих конструкций. Нормативные нагрузки определяются на основании размеров и удельного веса материалов элементов. Коэффициент надежности по нагрузке для деревянных и железобетонных конструкций приняты с коэффициентом 1.1.

Так же была учтена полезная нагрузка при эксплуатации здания. Нагрузка принята равной 2 кПа и принимается кратковременной.

Коэффициент надежности принимается равным 1.2.

Сейсмическое воздействие рассматривается как особое воздействие. Сейсмическое воздействие задавалась через сейсмограммы ускорений, на основе которых сгенерированы спектры реакции ответа системы.

Для данной расчетной модели рассмотрены 3 расчетные ситуации воздействия:

Высокочастотное землетрясение ( $T=0.1, 0.2$  с)

Среднечастотные землетрясения ( $T=0.4 \dots 0.7$  с)

Низкочастотные землетрясения ( $T=0.8 \dots 1$  с)

Сейсмограммы землетрясений различного частотного состава представлены на рисунках. 3-5. На основе данных сейсмограмм сгенерированы спектры отклика. По заданному спектру отклика формируются эквивалентные нагрузки, которые прикладываются к узлам сопряжения конечных элементов.

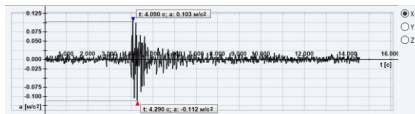


Рисунок 3 – Сейсмограмма высокочастотного землетрясения

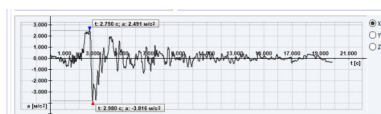


Рисунок 3 – Сейсмограмма среднечастотного землетрясения

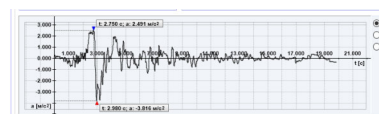


Рисунок 3 – Сейсмограмма низкочастотного землетрясения

### Результаты и обсуждение:

Были оценены перемещения сооружения при сейсмическом воздействии различного частотного состава. Перемещения элементов здания от низкочастотного сейсмического воздействия представлен на рисунке. Перемещения элементов здания от среднечастотного и высокочастотного сейсмического воздействия представлен на рисунке.

На основании данных результатов, можно сделать промежуточный вывод, что данная несущая система наиболее чувствительна к динамическим воздействиям средней частоты и высокой частоты. При оценке НДС плит перекрытий можно сделать промежуточный вывод, что наиболее наихудшей расчетной ситуацией для данного конструктивной схемы является динамическое воздействие со средней частотой воздействия.

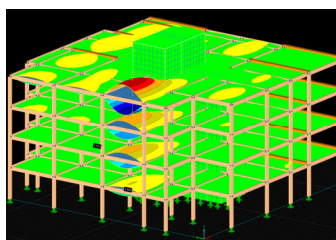


Рисунок 6 – Перемещения при низкочастотном землетрясении

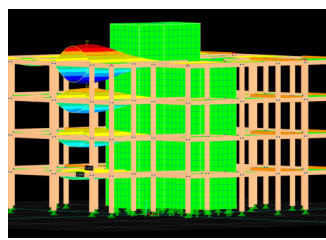


Рисунок 6 – Перемещения при высокочастотном землетрясении

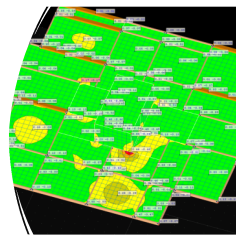


Рисунок 6 – Изополю напряжений при высокочастотном воздействии. Максимальное значение напряжения - 0.66 МПа

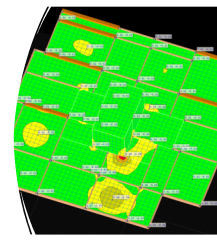


Рисунок 6 – Изополю напряжений при среднечастотном землетрясении. Максимальное значение напряжения - 0.3 МПа

**Вывод:** Результаты исследования показывают, что LVL-конструкции демонстрируют высокую устойчивость к низкочастотным воздействиям, но требуют дополнительного усиления при высокочастотных колебаниях.