

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ  
УСТРОЙСТВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

**Марчук Н.И., Палагушкин В.И., Прасоленко Е.В.**

*Инженерно-строительный институт ФГАОУВПО Сибирского федерального университета*

Рассматриваются подходы по снижению колебаний зданий и сооружений, расположенных на слабых грунтах с помощью внешних защитных устройств в виде скользящего слоя, располагающемся между основанием и фундаментом, применением защитных траншей и защитных устройств в виде жестких включений в грунтовое основание под зданием. Моделирование выполнено по ПК SCAD Office с учетом упругих свойств грунтового основания по пространственной модели упругого невесомого полупространства.

Движение транспорта, различные виды инженерных работ, такие как динамическое уплотнение грунта или забивка свай на строительной площадке, а также различные техногенные воздействия, могут вызвать сильные колебания верхнего слоя грунта. Последствием таких воздействий является распространение волн в грунте, которые возбуждают колебания соседних зданий.

Снижение колебаний на здания и сооружения может быть достигнуто обеспечением сооружений различными защитными устройствами, препятствующими передаче колебаний, снижающих динамическое или сейсмическое воздействие на всю систему «здание – фундамент - основание», которые способствуют изменению частот колебаний грунтового основания под фундаментом здания или сооружения, а значит НДС в элементах здания.

*Пространственная фундаментная платформа (ПФП) на скользящем слое* предполагает, что сейсмоизоляция в виде скользящего слоя выполнена между основанием и сплошной пространственной фундаментной платформой так, что сохраняется целостность системы «здание – фундамент». Снижение трения при этом позволяет динамическому воздействию или сейсмической волне «проскальзывать» под фундаментной платформой, а объединение верхнего строения с фундаментной платформой в цельную пространственную многосвязную замкнутую систему позволяет повысить ее сейсмостойкость при различных динамических и сейсмических воздействиях: крутильных, несимметричных, вертикальных и др.

Выполненные расчеты при различных частотах динамического воздействия подтверждают эффективность применения сейсмоизолирующего (скользящего) слоя, причем для строительства не только на слабых грунтах (III категории), но и на других грунтах. а использование в качестве защитного устройства жесткого включения в основание под источником возбуждения значительно уменьшает колебания и усилия в верхнем строении, но с удалением жесткого включения от поверхности на глубину эффективность влияние жесткого включения резко уменьшается.

*При компьютерном моделировании скользящего слоя* расчетная схема «здание – пространственная фундаментная платформа» на скользящем слое представляет достаточно сложную нелинейную модель из-за учета трения и возможных кинематических перемещений (в результате преодоления трения). Для определения результирующего сейсмоизолирующего эффекта можно рассмотреть стадию работы, когда трение преодолено, при этом можно использовать вспомогательную схему, в которой удалены или существенно ослаблены горизонтальные (тангенциальные) связи между ПФП и осно-

ванием, т. е. существенными остаются только вертикальные (нормальные) связи. Такой подход моделирует состояние скользящего слоя, когда сопротивление трению преодолено. Реализовать такую модель можно, например, с помощью вертикальных стержней, расположенных в узлах конечно-элементной сетки между ПФП и основанием, которые имеют весьма большую продольную жесткость и ничтожно малую сдвиговую жесткость, т. е. при этом обеспечивается передача нормальных усилий при незначительном сопротивлении сдвигу (проскальзыванию). Таким путем реализована основная идея скользящего слоя: горизонтальные смещения основания не будут передаваться на ПФП и верхнее строение.

Снижение колебаний на здания и сооружения может быть достигнуто обеспечением сооружений различными защитными устройствами, препятствующими передаче колебаний.

Одним из таких устройств, для снижения колебаний на здание является установка барьера (преграды) в грунте между источником колебаний и зданием.

В качестве преграды перед динамической волной эффективным является создание траншеи (рва), в том числе и заполнение рва «мягкой» засыпкой.

Для снижения воздействия подобных техногенных факторов (уменьшения колебаний оснований зданий и конструкций) используются различные способы.

**При применении экранных устройств в виде защитной траншеи**, для защиты здания от вибрационной нагрузки в грунтовой массе располагалась траншея длиной 26 м, шириной 2 м. Для анализа эффекта влияния траншеи на НДС верхнего строения при динамических воздействиях была выполнена серия компьютерных экспериментов на действие горизонтальной гармонической нагрузки. Исследовалось влияние глубины траншеи и места расположения (расстояния) траншеи от источника возмущений на сейсмические перемещения точек грунтового при различных частотах вибрационной нагрузки.

При использовании защитных устройств в виде жестких включений в грунтовое основание, в определенных местах грунтового основания под верхнее строение либо под источник возмущений (колебаний) размещается искусственный подстилающий слой из жесткого материала (жесткое включение, например в виде бетонных блоков), наличие которого будет изменять частоту колебаний слоев грунтового основания, передающих колебания, а значит перемещения и усилия на верхнее строение.

Для анализа эффективности рассматриваемых защитных устройств была выбрана модель 5-ти этажного каркасного здания, расчетная схема которого принималась в виде пространственной рамы с узловыми сосредоточенными массами на ПФП, расположенного на массиве грунта (грунт III категории), нагруженная горизонтальной и вертикальной динамическими нагрузками  $P_{(t)} = P_0 \cdot \sin(\theta t)$ , приложенными в узлах верхнего слоя грунтового основания.

Расчеты выполнялись по ПК SCAD Office с учетом упругих свойств грунтового основания по пространственной модели упругого невесомого полупространства. Исследовалось влияние скользящего слоя, глубины и места расположения траншеи, жестких включений в грунтовое основание, как непосредственно под зданием, так и под источником возмущений на изменение усилий и перемещений в конструкциях верхнего строения.