

Н. Г. КАНЕВ,
к. ф.-м. н., ведущий
инженер-акустик
ООО «Акустические материалы»

Рельсовый транспорт является одним из основных источников повышенной вибрации в современных мегаполисах. Интенсивное его развитие все чаще приводит к проблеме негативного вибрационного воздействия на людей и здания. Особенно это относится к метрополитену. Для защиты зданий применяются специальные мероприятия по виброизоляции. Однако стоимость известных решений довольно высока, и это обстоятельство определяет необходимость поиска оптимальных технологий, позволяющих, с одной стороны, обеспечить требуемый уровень виброзащиты, с другой — минимизировать расходы на специализированные материалы.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ ОТ ВИБРАЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА



Рис. 1. Укладка виброизоляционных матов перед устройством фундамента

Уплотнение городской застройки и бурное развитие общественного рельсового транспорта, в первую очередь, метрополитена, в больших городах приводит к тому, что строения все чаще оказываются вблизи железнодорожных путей. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», регулярно проводящее исследования уровней вибрации в зданиях, отмечает негативную тенденцию. В последние годы по изучаемым в столице объектам доля несоответствия гигиеническим требованиям стала выше 50% и продолжает расти.

В сложившейся практике на этапе проектирования зданий вблизи линий метрополитена проводится натурное исследо-

вание вибрации на площадке застройки от действующих линий или выполняется прогноз вибрации от линий перспективных. На основании этих данных рассчитываются нормируемые параметры вибрации в проектируемом здании, и в случае их превышения над предельно-допустимыми значениями делается вывод о необходимости применения мероприятий по виброзащите.

Известно несколько способов снижения вибрационного воздействия рельсового транспорта на здания. В первую очередь, виброизолирующие мероприятия применяются в конструкциях железнодорожных путей. Для снижения вибрации, распространяющейся по грунту, могут применяться экранирующие



www.acoustic.ru

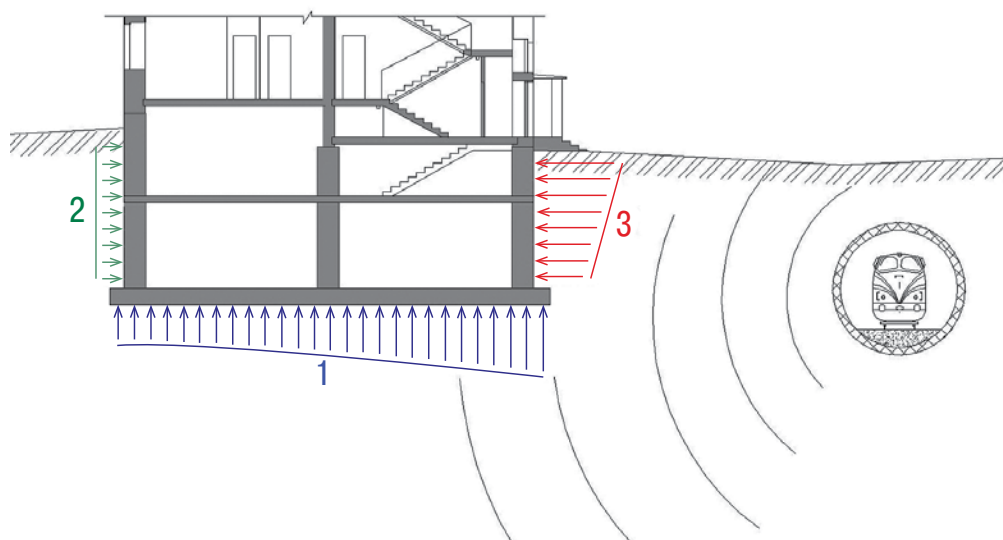


Рис. 2. Вибрационное воздействие от метрополитена на подземную часть здания; длина стрелок соответствует интенсивности вибрации, которая ослабляется вдоль фундамента из-за удаления от источника (1), экранирования зданием (2) и снижения амплитуды колебаний грунта с глубиной в поверхностной волне Рэлея (3)

препятствия, например, глубокие траншеи с мягким заполнителем, бетонные конструкции «стена в грунте», и некоторые другие.

Но чаще всего используют виброизоляторы непосредственно в конструкции зданий. Есть несколько таких решений. Виброизоляторы могут разделять конструкцию здания в горизонтальной плоскости. При этом ослабляется передача вибрации с части объекта, находящейся ниже этой плоскости и воспринимающей динамическое воздействие со стороны грунта, на часть, расположенную выше.

В российской практике почти всегда используются сплошные или дискретные упругие слои, устанавливаемые между подземной частью зданий и грунтом: горизонтальные под фундаментом и вертикальные с внешней стороны стен зданий ниже отметки поверхности грунта. Таким образом, строение как бы помещается в «стакан» из упругого материала (рис. 1). Толщина и параметры упругого слоя подбираются в зависимости от требуемой эффективности виброзащиты. Общие принципы такого подбора при проектировании довольно просты. Продемонстрируем их на примере сплошного слоя.

В первую очередь, выбирается тип виброизоляционного материала под заданную статическую нагрузку. Рабочая нагрузка, являющаяся его базовой характеристикой, должна быть близка к расчетной статической. Если расчетная нагрузка окажется мала по сравнению с рабочей, то материал в состоянии «недогрузки» обеспечивает низкую виброизоляцию. Иногда это может приводить даже к негативному эффекту, когда вибрации при неправильном подборе не снижаются,

а увеличиваются. Часто расчетные нагрузки на упругий слой являются неравномерными. Например, давление под фундаментной плитой бывает значительно выше давления грунта на подземную часть стен. Поэтому подбор должен быть дифференцированным: под разные нагрузки подбираются разные типы материала. На втором этапе проектирования необходимо определить толщину слоя для выбранных типов. Именно она является ключевым параметром, от которого зависит виброизолирующий эффект: чем больше толщина, тем выше виброизоляция.

Движение поездов метрополитена создает вибрации грунта, которые передаются на подземную часть здания. При этом вибрационное воздействие является неравномерным (рис. 2). Во-первых, расстояния между тоннелем до ближайшей и до самой удаленной точки здания могут отличаться в несколько раз. С удалением от источника вибрации ослабевают, поэтому максимальное и минимальное по площади фундамента вибрационные воздействия могут отличаться на несколько децибел. Во-вторых, упругие волны, распространяющиеся по грунту, экранируются самим зданием, вследствие чего воздействие на стены, обращенные к тоннелю, значительно выше, чем на противоположные. В-третьих, поезда, движущиеся в тоннелях мелкого заложения, являются приповерхностным источником вибрации, поэтому возбуждают в грунте поверхностные волны Рэлея, амплитуда которых экспоненциально уменьшается с глубиной, из-за чего воздействие на заглубленные части здания, главным образом на фундамент, меньше, чем на стены у поверхности.

Таким образом, при разработке мероприятий по виброзащите зданий должна учитываться неравномерность вибрационного воздействия, что при грамотном подходе приведет к оптимизации мероприятий и, в конечном счете, к снижению затрат на специализированные виброизоляционные материалы.

Проектное решение по виброзащите в основном зависит от взаимного расположения здания и тоннелей метрополитена и расстояния между ними. Рассмотрим несколько типовых примеров, демонстрирующих возможности оптимизации этих мероприятий. Условно введем два вида виброзащитных слоев: эффективный, достаточный для снижения вибрации в стандартных ситуациях, и высокоэффективный, необходимый в случаях вибрационного воздействия, значительно превышающего нормативные требования. Более конкретно дадим определения двух видов для матов из вспененного полиуретана, выпускаемых под торговой маркой Sylomer: эффективный слой имеет толщину от 25 до 50 мм, высокоэффективный — 50 мм и более.

В первом примере на рис. 3а тоннели метрополитена расположены непосредственно под зданием. При глубоком заложении, когда расстояние от его фундамента до шельги тоннеля более 35 м, и при отсутствии скальных пород в составе грунта вибрация, как правило, соответствует нормам. Если расстояние менее 15 м, то вибрации будут значительно превышать санитарно-гигиенические нормативы. В таком случае необходимы виброизоляционные мероприятия, состоящие в применении слоев высокой эффективности для отделения всей подземной части здания от грунта. Очевидно, что в этой ситуации затраты на виброзащиту от метрополитена максимальны.

Если тоннели смещены относительно здания, как показано на рис. 3б, то большая часть вибрационного воздействия передается через фундамент и стену, обращенную к тоннелям. Для виброизоляции этих поверхностей необходимы высокоэффективные слои, а для стены, удаленной от тоннелей, достаточно упругого слоя с несколько меньшей эффективностью, поскольку вибрации грунта у поверхности этой стены ослаблены из-за эффекта экранирования.

Рассмотрим теперь тоннели метрополитена мелкого заложения. Если они близки к зданию, как на рис. 3в, то максимальное вибрационное воздействие оказывается на стену, обращенную к тоннелям, поэтому здесь применяется высокоэффективный слой. Вибрации экранируются на кромке здания, поэтому они слабее передаются

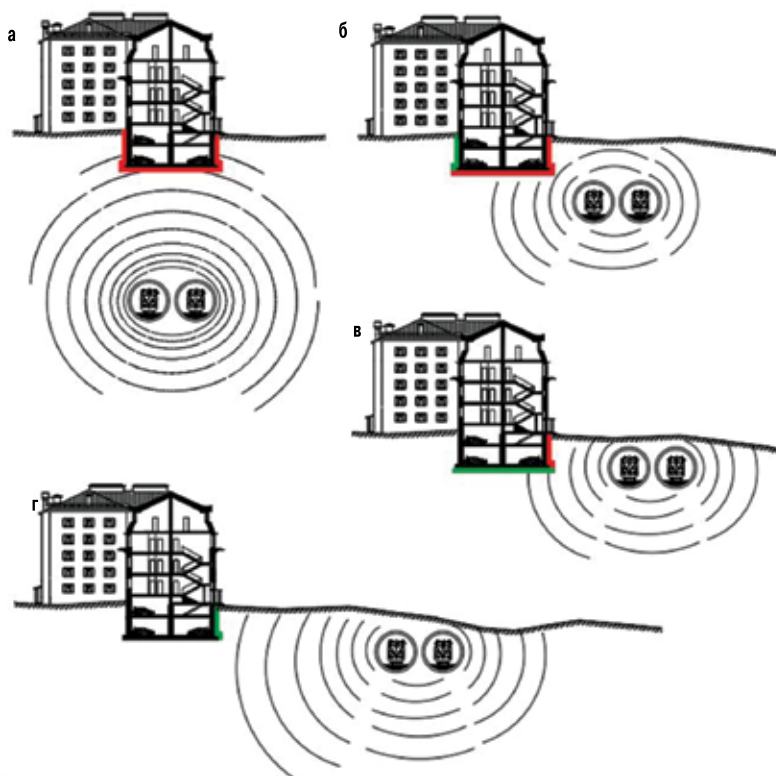


Рис. 3. Принципиальные решения по виброизоляции зданий: схемы расположения эффективных (зеленые линии) и высокоэффективных (красные линии) виброзащитных слоев

фундамент, и для его виброзащиты достаточно эффективного слоя. А стена, наиболее удаленная от тоннелей, может быть вообще не виброизолирована, если вибрация ослабляется достаточно при экранировании на двух краях здания.

Наконец, при некотором удалении тоннелей и достаточном заглублении фундамента (рис. 3г) заметное вибрационное воздействие оказывается на стену, обращенную к тоннелям. В этом случае достаточно эффективного упругого слоя для защиты стены, а затраты на виброзащиту оказываются минимальными.

Таким образом, мы продемонстрировали принципиальные возможности оптимизации расходов на виброизоляцию зданий, в основе которых лежит дифференцированный подход к выбору решений для фундамента и стен, расположенных ниже отметки грунта. Вместе с тем проектное решение должно разрабатываться только после натурного исследования вибрации от метрополитена на площадке застройки и прогноза вибрационного воздействия на человека в проектируемом здании. ■



TECH MINING RUSSIA

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
5-6 ДЕКАБРЯ 2019

200+ участников Конференции

50+ предприятий горнодобывающей промышленности

25+ докладов о насущных проблемах индустрии, новых способах и технологиях добычи, транспортировки, обработки и обогащения полезных ископаемых

- Представьте свою компанию на **Выставке Технологий и Инноваций**
- Проведите презентацию Вашего оборудования во время одной из **7 стратегических сессий** Конференции непосредственно Вашей **целевой аудитории**
- Наладьте **новые связи** во время **делового неформального общения** во время перерывов и Гала-ужина



РЕГИСТРАЦИЯ ОТКРЫТА!

www.techmining.ru

+7-499-11-205-11

info@techmining.ru

Место проведения: МОСКВА