

*Ясафова Софья Андреевна, студент кафедры строительной и теоретической механики, НИУ «Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия*

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация: В настоящее время новые здания и сооружения всё чаще строятся на участках, подвергающихся воздействию вибраций, в т.ч. на полосах землеотвода метрополитена или железных дорог. Такие источники вибраций могут стать причиной колебаний различных элементов конструкций зданий, которые обычно превышают нормы допустимого для человека уровня. На сегодняшний день регламентируемая СНиП 2.07.01-89 говорит о защитной зоне железнодорожных линий (допустимо 100 м), трамвайных линий (60 м от крайнего рельса). Как правило, такие участки расположены в центрах крупных городов по соседству с крупными жилыми и офисными комплексами, что привлекает инвесторов, готовых вкладывать свои деньги в мероприятия по их виброизоляции в целях получения стабильной прибыли.

Ключевые слова: Виброизолирующие материалы, Вибрация, Изоляция, Воздействие.

Annotation: Currently, new buildings and structures are increasingly being built in areas subject to vibration, incl. on the right-of-way of the subway or railways. Such sources of vibration can cause vibrations of various structural elements of buildings, which usually exceed the standards for a human level. To date, the regulated SNiP 2.07.01-89 speaks of the protective zone of railway lines (100 m permissible), tram lines (60 m from the extreme rail). As a rule, such plots are located in the centers of large cities in the vicinity of large residential and office complexes,

which attracts investors who are ready to invest their money in measures for vibration isolation in order to obtain stable profits.

Keywords: Vibration damping materials, Vibration, Isolation, Impact.

Введение

Уровень неблагоприятного для человека внешнего воздействия устанавливается Государственными стандартами и Санитарными нормами, позволяющими разделять степени колебаний ограждающих конструкций различных помещений, жилых и офисных зданий. Амплитуда колебания ограничивается в диапазоне частот 1,4-88 Гц всего лишь несколькими микронами, что и оказывает негативное влияние на здоровье и жизнь человека, а также на его каждодневное самочувствие.

Повышенный уровень вибрации в жилых и промышленных зданиях обусловлен промышленными установками и шумами транспортных средств, создающие в процессе работы большие динамические нагрузки. Нагрузки вызывают распространение вибраций в грунте, что в последствии отражается на зданиях. Подобные вибрации являются причиной возникновения «вторичного» воздушного шума в помещениях. Несмотря на это допустимый уровень вибрации может быть соблюден, но воздушный шум делает некомфортным обстановку в зданиях и негативно сказывается на общем состоянии человека [1; 2].

Для жилых и промышленных зданий самым неблагоприятным внешним источником вибраций являются рельсовые транспортные магистрали: метро, трамвайные линии, МЖД, железнодорожные дороги. Исследований ученых показывают, что уровень колебаний уменьшается в зависимости от расстояния от источника, однако необходимо учитывать скорость затуханий колебаний, которая в свою очередь зависит от типов укладки рельсов, ветра, толщины стен тоннелей в метро, типов грунта, глубины фундамента конкретных зданий и различных конструкций объектов.

При расположении зданий в непосредственной близости от рельсовой дороги, вибрации могут превышать предельно-допустимые значения, которые в свою очередь установлены Санитарными нормами. В спектральном составе вибрации преобладают октавные полосы со среднегеометрическими частотами 31,5 и 63 Гц. Изоляция устанавливается как в источниках помех, так и в приемниках. Наиболее частым и предпочтительным считается установление изоляции в источнике. Существует большое количество методик снижения воздействия различного транспорта и виброизоляции промышленных установок. Однако, чаще всего изоляции источника вибрации невозможна по различным причинам.

Тогда проектировщику остается одно – непосредственно изолировать от вибрации само здание. В настоящее время одним из наиболее надежных и эффективных способов устройства виброизоляции зданий является установка их на упругие опоры из полиуретановых эластомеров – материалов Sylomer и Sylodyn австрийской фирмы Getzner.

Материалы дают возможность проектировщику создать множество вариантов конструкций виброизоляции. Возможна реализация полноплоскостной, ленточной или точечной конструкций изолирующей опоры. При применении не существует жестких требований к тому, в каком месте здания (конструкции) должна находиться упругая прослойка. Упругое разделение реализуется там, где это наиболее благоприятно для проектирования.

Свойствами, необходимыми для реализации эффективной виброзащиты здания, материал обладает уже "сам по себе". Материалы характеризуются объемной сжимаемостью, т.е., даже покрытый оболочкой, материал не теряет своей упругости. Широкий ряд стандартных марок материала позволяет осуществить оптимальный выбор в зависимости от площади опоры и приложенной нагрузки [3].

Это представляет собой эквивалент пружины, совмещенной с амортизатором. Демпфирование в соответствии с типом составляет 7% - 11%.

Жесткость материалов практически не зависит от амплитуды возбуждения колебаний. А при малейших амплитудах нельзя ожидать увеличения жесткости опор. Следовательно, эффективность воздействия опорной подушки обеспечивается для любой из амплитуд. Динамическая жесткость лишь немного зависит от частоты возбуждения колебаний. За счет таких условий, материал должен быть благоприятно одинаков со стороны как статической, так и со стороны динамической жесткости [4; 5; 6].

За счет возможностей матов иметь смешанную ячеистую структуру, они способны поглощать определенное количество воды. Даже при полном погружении материала в воду, воздействие влаги на динамическую и статическую жесткость имеет малую значимость, поскольку повреждение материалов от воды практически невозможно. Также за счет значительно маленьких пор на материале внутрь также не могут попасть частицы грязи.

Для качественной и эффективной виброизоляции собственная частота конструкций на опорах должно быть рассчитана очень точно. На основе достоверных и точных данных по каждому из видов виброизолирующих материалов должна быть рассчитана собственная частота конструкции на опорах.

$$\omega = \sqrt{K/m} , \text{ где } (1)$$

K — жесткость структуры, а m — ее масса.

Расчет эффективности решений по отношению к неизолированным конструкциям должен быть проведен заранее ос основе точных исходных данных и достоверной информации о каждом из видов виброизолирующих материалов. При расчете не менее важно учитывать резонансные частоты иных компонентов конструкций, например, межэтажные перекрытия в зданиях или стены.

Ниже представлен пример результатов измерений, который был проведен в здании с ленточными опорами в области фундамента.



Рисунок 1 – Пример результатов измерений

При виброизоляции агрегата необходимо устанавливать на него виброизоляторы и таким образом изолировать подходящие к нему коммуникации. На рисунке 2 изображены однозвенные (б,г,д,е) и двухзвенные (в, ж, з) виброизоляции. Редко применяют трехзвенную схему. Посреди виброизолятора и агрегата устанавливают массивную плиту или раму (г,д з). Обычно, поддерживающую конструкцию называют фундаментом, но это может представлять собой плиту перекрытия, железобетонный блок или балку.

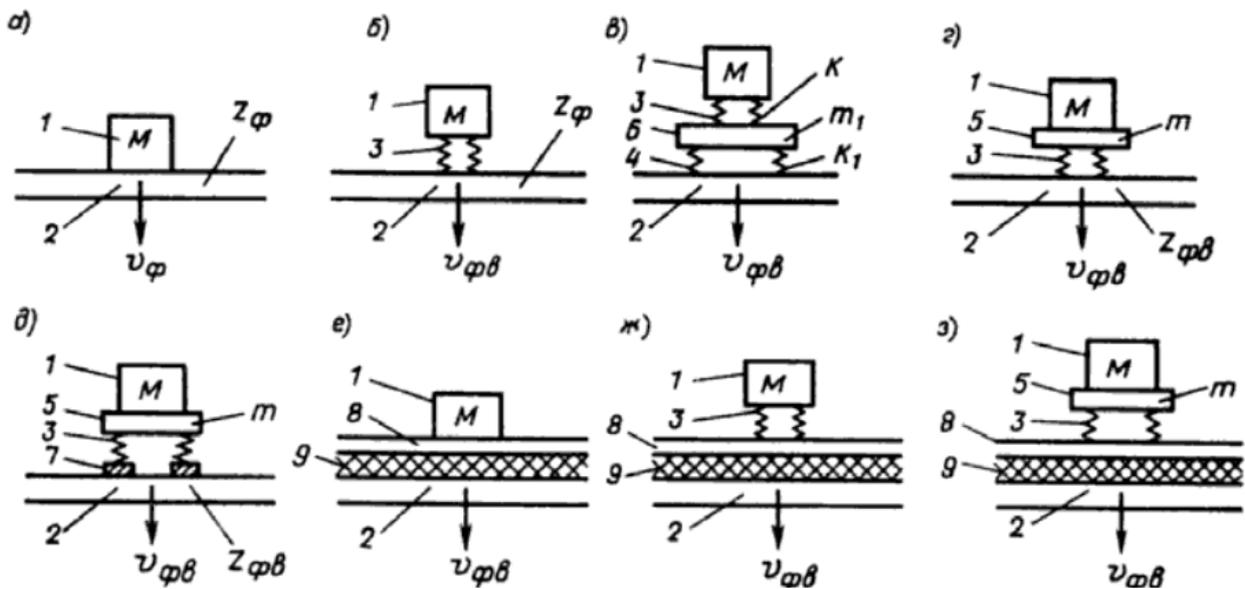


Рисунок 2 – Схемы жесткого и виброизолированного крепления машины к фундаменту

На рисунке 2а изображена машина, которая жестко прикреплена к фундаменту, на 2б – машина, установленная на виброизоляторах, на 2в – машина с двухзвенной схемой при применении виброизоляторов, на 2г – машина, установленная на плите, которая в свою очередь стоит на виброизоляторах, на 2д – машина, установленная на плите, которая в свою

очередь стоит на виброизоляторах с применением эластичных прокладок, на 2е – машина, которая жестко прикреплена к плавающему полу на твердом основании, на 2ж – машина, установленная на виброизоляторах на полу и на твердом основании, на 2з – то же, что и 2ж, но с применением дополнительно установленной плиты Т.

Виброизолирующие элементы можно разделить на 3 вида:

1. Отдельная опора (где винтовая пружина в пружинном виброisolляторе является основным рабочим элементов; где упругие прокладки имеют сложную форму);
2. Упругий материал между машиной и фундаментом;
3. Плавающий пол на твердом основании.

Эффективность виброизоляции характеризуется снижением уровня колебаний фундамента, дБ:

$$V = 10 \lg\left(\frac{v_1^2}{v_2^2}\right) \quad (2)$$

где u_1^2 и u_2^2 – квадраты амплитуды виброскорости фундамента, усредненные по его поверхности и частоте при соответственно жестком и виброизолированном креплении к нему машины.

Величину V принято называть виброизоляцией. Виброизоляция равна снижению уровня колебаний различных конструкций, которые могут быть вызваны посредством динамического воздействия машин на поддерживающие агрегаты. Расчет таких виброизолирующих конструкций состоит из выбора виброизоляторов и расчетов по ним и их комплектующим.

Одной из наиболее важных показателей виброизолирующей установки является частота (f) колебаний установки (или здания), Гц:

$$f_0 = 0,16\sqrt{K/M} \quad (3)$$

где K — сумма динамических жесткостей виброизоляторов, Н/м, на которых установлена инженерная машина; M - общая масса, кг.

При виброизоляции, как уже отмечалось выше, необходимо учитывать частоту колебания. На частоте 0,7 колебания фундамента не понижаются, то

есть $V=0$, на частоте от 0,7 до 1,4, колебания фундамента увеличиваются, то есть $V<0$. Следовательно, при $f=f_0$ наступает резкое усиление колебаний. Частоты подбирают специально так, чтобы резонансная частота (f_0) лежала ниже диапазона частот, в котором необходимо снижение данных колебаний. Из этого можно сделать вывод о том, что виброизоляторы должны иметь низкую жесткость. Рисунок 3 отражает график зависимости элементов от частоты при устройстве виброизолирующего основания.

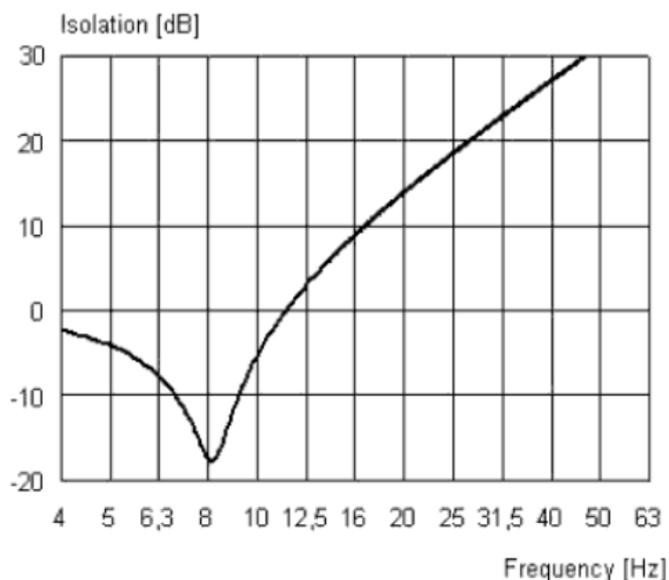


Рисунок 3 – График виброизоляции

Основные результаты

Для жилых и промышленных зданий самым неблагоприятным внешним источником вибраций являются рельсовые транспортные магистрали: метро, трамвайные линии, МЦД, железнодорожные дороги. Нагрузки вызывают распространение вибраций в грунте, что в последствии отражается на зданиях. Подобные вибрации являются причиной возникновения «вторичного» воздушного шума в помещениях. Несмотря на это допустимый уровень вибрации может быть соблюден, но воздушный шум делает некомфортным обстановку в зданиях и негативно сказывается на общем состоянии человека.

Библиографический список:

1. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
2. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.
3. Кочетов О С. Расчет пространственной системы виброизоляции. Научный альманах. 2015. № 10-3 (12). с. 138-142.
4. ГОСТ 3057-90. Тарельчатые пружины/ Общие технические условия. Введ.01.09.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990. -38с.
5. ГОСТ 32388-2013 Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия. - Введ. 01.08.2014. Переиздание 01.11.2016 г. – М.: Стандартинформ, 2016. – 114 с.
6. Агафонов, А.В. Разработка и исследование обвязки магистрального насосного агрегата в условиях повышенной вибрации. / А.В. Агафонов, В.А. Ворков, М.А. Федотенко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2017. - Т. 13, №4(4). - С. 1139-1142.