

Применение виброгасящих материалов SYLOMER® при возведении зданий

Сокращение свободной площади застройки в больших городах вызывает насущную необходимость возведения зданий и сооружений в условиях так называемой точечной застройки – в районах с насыщенной инфраструктурой. Высокая концентрация железнодорожных и трамвайных путей, линий метрополитена, а также промышленных установок и механизмов в непосредственной близости от мест потенциальной застройки создают повышенные уровни вибрации в строящихся зданиях.

Вибрации могут вызывать недопустимый уровень колебаний зданий или вследствие отражения от примыкающих элементов конструкций, например, полов и потолков, повышение уровня воздушного шума. Уровни вибраций шума нормируются соответствующими стандартами и нормами, например МГСН 2.04–97 «Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях».

Поэтому перед проектировщиками встает задача построить здание таким образом, чтобы выполнить требования заказчика и не превысить допустимые нормативными показатели.

Уровень отрицательных воздействий в построенном здании зависит от силы и частоты возбуждения, типа фундамента и его взаимодействия с грунтом, а также конструкции здания. Для оценки данных вибрация должна быть измерена как функция частоты, а характер взаимодействия с основанием и конструкция здания должны быть известны. На основе этих данных компьютерный расчет модели вибрационных систем может дать представление об ожидаемых вибрациях в здании. Если вибрации или вторично отраженный воздушный шум превышают предельные значения, их возникновение или передача в здание должны быть ограничены.

В практике строительства применяются два метода снижения вибрации – в источнике помех или в приемнике. Естественно, снижение вибрации в источнике предпочтительнее. Существует широкий спектр мер по виброизоляции промышленных установок и железнодорожного транспорта. Несмотря на это, во многих случаях, в частности при строительстве зданий в районах с развитой транспортной и промышленной инфраструктурой, изоляция в источнике невозможна.

Альтернативным способом является снижение передачи вибраций и ударного шума в проектируемом здании благодаря сооружению его на упругих опорах, например из материалов класса SYLOMER®.

Материалы SYLOMER® австрийской фирмы Getzner Werkstoffe GmbH представляет собой пористые мелкоячеистые полиуретановые эластомеры различной плотности, характеризующиеся варьруемым соотношением открытых и закрытых пор (рис. 1). Материал позволяет реализовывать полноплоскостные, ленточные или точечные конструкции изолирующей опоры, таким образом упругое разделение можно производить там, где это необходимо по проекту (не существует жестких требований к местоположению упругой прослойки).

Широкий ряд стандартных марок позволяет осуществить оптимальный выбор в зависимости от площади опор и нагрузок (см. таблицу). Демпфирование составляет, в зависимости от типа материала SYLOMER®, от 7 до 11%, при этом дополнительные демпфирующие элементы, как правило, не требуются.

Динамическая жесткость материалов SYLOMER® практически не зависит от амплитуды возбуждения колебаний и незначительно изменяется от частоты возбуждения колебаний.

Материалы SYLOMER® не подвержены гидролизу, а также воздействию обычно встречающихся в строительстве химических веществ, разбавленных щелочей и масел.

Параметр	Sylomer G	Sylomer R	Sylomer L	Sylomer M	Sylomer P	Sylomer V
Плотность, кг/м ³	150	220	300	400	510	680
Функциональный интервал нагрузок, Н/мм ²	До 0,015	До 0,035	До 0,08	До 0,15	До 0,3	До 0,5
Постоянная статическая нагрузка, Н/мм ²	До 0,01	До 0,025	До 0,05	До 0,1	До 0,2	До 0,4
Пиковая кратковременная нагрузка, Н/мм ²	До 0,5	До 1	До 2	До 3	До 4	До 5
Статический модуль сдвига, Н/мм ²	0,03	0,1	0,15	0,3	0,6	1
Динамический модуль сдвига, Н/мм ²	0,09	0,15	0,25	0,45	0,9	1,5
Фактор механических потерь	0,23	0,23	0,2	0,18	0,16	0,12
Предел прочности, Н/мм ²	0,4	0,5	1	1,3	2	3
Предельное удлинение, %	300	300	300	300	300	300
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,1

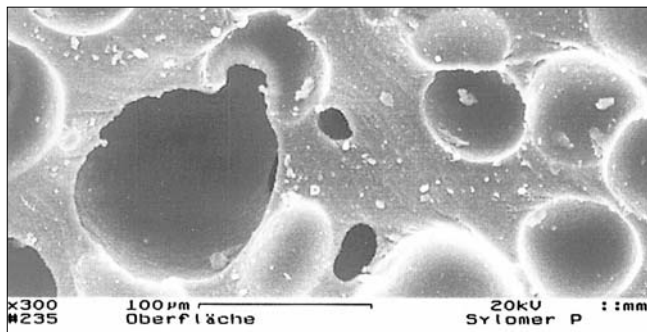


Рис. 1. Снимок материала SYLOMER® под растровым электронным микроскопом

Ячеистая структура материала SYLOMER® характеризуется наличием закрытых и открытых пор, что обуславливает определенное водопоглощение материала. При этом воздействие влаги на статическую и динамическую жесткость очень незначительно даже при полном погружении материала в воду.

Определяющим параметром для выбора типа материала SYLOMER® является долговременная статическая нагрузка. Она определяется площадью упругой опоры и эффективной массой здания. Удельная нагрузка подбирается максимально близко к пределу долговременной статической нагрузки путем варьирования площади упругой опоры.

Если изменение площади упругой опоры невозможно, как, например, при полноплоскостной конструкции опоры, давление можно оптимизировать, комбинируя различные типы материала SYLOMER®. В качестве нагрузки принимают фактически ожидаемую массу здания, а также часть нагрузки от движения транспорта. Нагрузки, воздействующие лишь периодически (ветровые и снеговые), обычно не учитываются.

Фактически действующая нагрузка, составляет в зависимости от типа здания и его использования, как правило, 60–80% нагрузок, принятых для статических расчетов. Кратковременные пики нагрузок, равные четырехкратной величине статической долговременной нагрузки, могут без проблем восприниматься материалом SYLOMER®.

Характеристикой ожидаемой эффективности применяемых мер является собственная частота упругой опоры. С увеличением толщины опоры она уменьшается. Наряду с толщиной упругой опоры собственная частота зависит также от динамически эффективной массы здания. Динамически эффективной является та часть массы здания, в которой возбуждаются колебания при возникновении вибраций. При этом чем большая масса эффективна, тем ниже собственная частота. Для того чтобы возбудить колебания в массе как можно большей величины, здание в области упругой опоры должно быть очень жестким. Основой для определения собственной частоты является спектр частот возбуждения.

Статическая долговременная нагрузка для упругих опор зданий из материала SYLOMER® должна составлять от 10 кН/м² до 1000 кН/м².

Конструктивно упругая опора из материалов SYLOMER® может быть полноплоскостной, ленточной или точечной. Какой вид упругой опоры является для здания наиболее благоприятным, зависит от требуемой собственной частоты и конструктивных особенностей. Примыкающие элементы конструкций, такие как стены или потолки, могут быть изготовлены как из монолитного бетона, так и из готовых блоков. При монолитном бетонировании упругие опоры обычно используются в качестве неснимаемой опалубки. Арматуру можно монтировать непосредственно на матах. Для очень мягких типов материала SYLOMER® площадь упругих опор нужно увеличить с помощью подкладок таким образом, чтобы арматура не вдавливалась в маты.

Готовые блоки устанавливают непосредственно на упругую опору. Устройство перекрытий на упругих опорах обычно производится с помощью армированных плит. Для полной изоляции здания от воздействия вибраций нужно всю область стен выше упругих опор и соприкасающуюся с грунтом, отделить упругими прокладками.

Главное достоинство **полноплоскостной конструкции** упругой опоры из материала SYLOMER® заключается в простоте исполнения (рис. 2). При этом исключается возможность образования акустических мостиков из-за неправильности укладки матов. Разделительный упругий слой обычно располагают между основанием или бетонной стяжкой и основанием пола. Для большей эффективности основание должно быть как можно более жестким.

Воздействующие на здание нагрузки благодаря полноплоскостной конструкции упругой опоры распределяются по большей площади и передаются в основание. При этом почти полностью удается избежать структурных колебаний плиты пола.

Ленточная конструкция упругой опоры эффективна при линейной передаче нагрузки. Разделительный упругий слой при этом располагается, как правило, в области фундамента или непосредственно под перекрытием подвала (рис. 3). Пол или потолок подвала, а также стены над ними можно монтировать непосредственно на ленточных упругих опорах. Для того чтобы избежать структурных колебаний, примыкающие элементы конструкций должны быть очень жесткими и не обладать выраженными резонансными свойствами.

Преимущество расположения упругой прослойки в области фундамента заключается в возможности сооружения здания традиционным способом после завершения фундаментных работ. Появление акустических мостиков вследствие строительных дефектов практически исключается.

Дополнительная изоляция стен подвала при устройстве упругой прослойки под плитой перекрытия не нужна, однако все соединения между подвалом и эле-

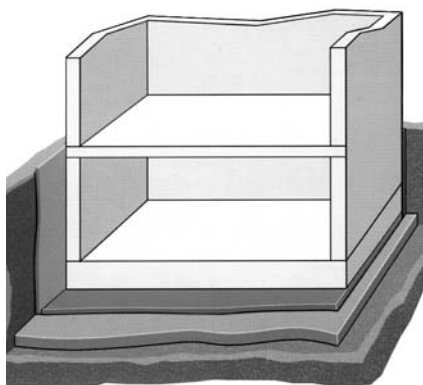


Рис. 2. Полноплоскостная опора

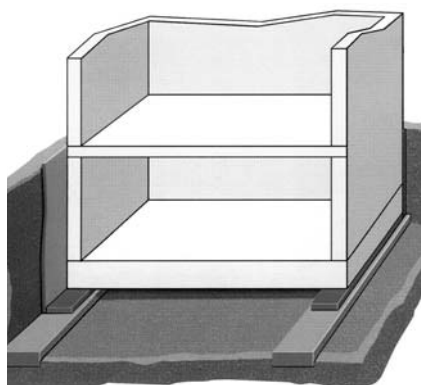


Рис. 3. Ленточная опора

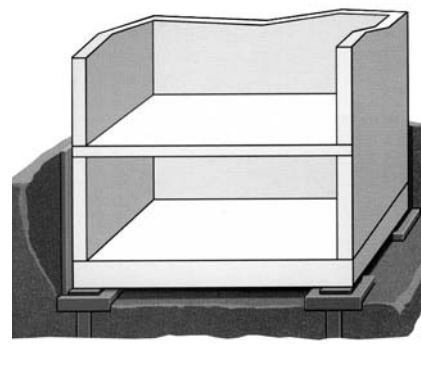


Рис. 4. Точечные опоры

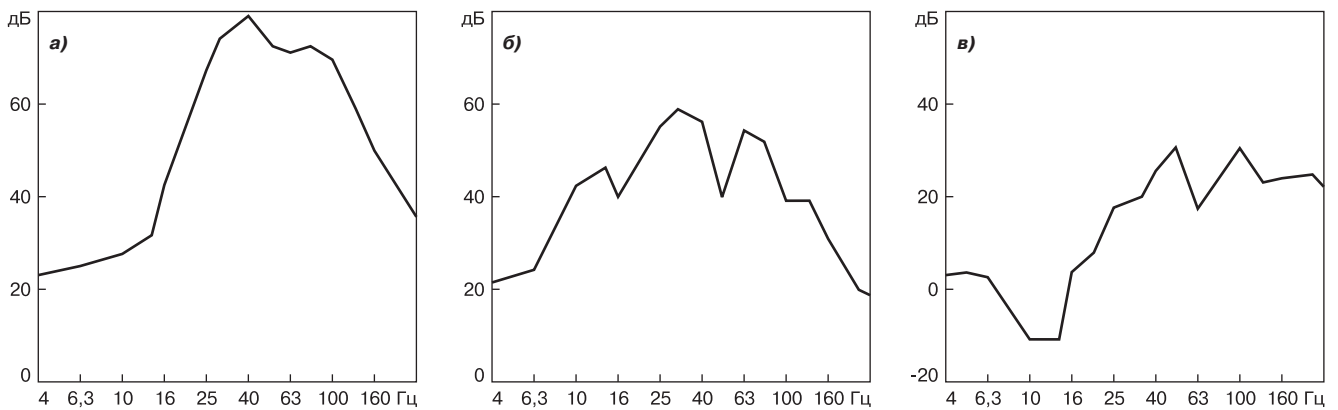


Рис. 5. Спектр вибрации (дБ, сравнительный: $5 \cdot 10^{-8}$ м/с) при проезде городской электрички: а) в грунте около здания; б) в несущем перекрытии; в) разность в спектрах вибрации в грунте около здания и в несущем перекрытии – мера эффективности упругой опоры

ментами здания (лестницы, технические проемы и др.) нужно отделить упругими элементами.

Точечное упругое разделение применяется в конструкциях свайного основания или при опирании на отдельные стойки (колонны) (рис. 4). Для выбора подходящего типа разделяющего упругого материала определяющей является приложенная нагрузка.

Оптимальное сжатие материала SYLOMER® регулируется изменением площади упругой опоры с помощью свайных наголовников. Для конструкций точечных упругих опор, как правило, применяются материалы с очень высокими средними плотностями. Точно так же, как при полноплоскостной и ленточной конструкциях упругих опор, основание для упругих опор и примыкающие элементы точечных конструкций должны быть очень жесткими.

Упругие опоры из материала SYLOMER® поставляются в виде матов или готовых отдельных опор. Подгонка на месте легко производится с помощью стандартного инструмента.

Материалы SYLOMER® обычно просто укладываются на поверхность без дополнительной фиксации. При необходимости их можно приклеивать двухкомпонентными полиуретановыми клеями или составами на битумной основе.

Маты или упругие опоры из материала SYLOMER® отличаются высокой гибкостью и хорошо подгоняются к основанию. Жесткость применяемых материалов возрастает с увеличением средней плотности и определяется приложенной нагрузкой.

Поверхность, на которую укладывают маты, должна быть ровной, без углублений с острыми краями. Допустимая шероховатость поверхности определяется толщиной материала. Для упругих опор толщиной до 25 мм допустимы неровности величиной 3 мм, для упругих опор большей толщины неровности поверхности не должны превышать 5 мм. Упругие опоры толщиной менее 8 мм требуют более высокого качества поверхности.

Если конструкция упругой опоры полноплоскостная, маты сначала распределяют на основании согласно плану раскладки, раскатывают и оставляют расправиться, затем окончательно укладывают и подгоняют. Соединения встык необходимо закрывать клеящей лентой.

В многослойных упругих опорах маты нужно укладывать со сдвигом и фиксировать их положение точечным приклеиванием для избежания смещения.

Упругие ленточные и точечные опоры поставляют на стройку пронумерованными в соответствии с планом укладки и приклеивают. Чтобы уменьшить опасность образования акустических мостиков, поверхности, не полностью закрываемые материалом SYLOMER®, нужно проложить волокнистым изоляционным материалом, например изоляционной плитой для защиты от ударных шумов.

Бетонирование можно производить прямо поверх матов, при необходимости изолировав вертикальные поверхности опалубки. При этом необходимо избегать проникновения бетона в щели соединений, так как это приводит к образованию акустических мостиков.

При использовании материалов SYLOMER® с большим количеством открытых пор, поверхность материала необходимо полностью защищать полиэтиленовой пленкой.

Ожидаемая эффективность упругих опор определяется динамическими свойствами опоры, динамически эффективной массой здания, сопротивлением вибрации основания (высокое начальное механическое сопротивление). Собственная частота определяется эластичностью опоры и эффективной массой здания.

Вибрация с частотой более $\sqrt{2}$ -кратной величины собственной частоты, гасится в той или иной степени. Вибрации, равные или меньшие $\sqrt{2}$ -кратной величины собственной частоты, усиливаются. Усиление тем меньше, чем выше демпфирующая способность материала. При приложении динамических нагрузок и увеличении частоты наблюдается повышение жесткости упругого слоя (для материалов SYLOMER® благодаря их высокой эластичности – крайне незначительное). Увеличение жесткости здания в области опор позволяет обеспечить динамическую эффективность зданий большей массы.

Результаты измерений, проведенных в здании с упругими опорами из материала SYLOMER® в области фундамента (ленточная конструкция опоры), показаны на рис. 5.

Длительная прочность материала SYLOMER® была подробно исследована как фирмой Getzner, так и независимыми испытательными учреждениями. Увеличение жесткости упругой опоры при правильном расчете применения не установлено. Дополнительное сжатие под воздействием длительной нагрузки (ползучесть) точно известно и специфицировано для каждого типа материала SYLOMER®. Точные показатели в зависимости от нагрузки указаны в технических характеристиках на продукт.

Существенных изменений свойств материала не смогли обнаружить в выполненных объектах даже через 20 лет эксплуатации. Поскольку опоры из материала SYLOMER® обладают очень хорошими свойствами длительной прочности и не нуждаются в техническом обслуживании, после монтажа к ним не нужен доступ. Дорогостоящие конструкции для технического обслуживания или последующей замены опор не требуются. Сертифицировано по стандарту EN ISO 9001.

Материалы SYLOMER® и SYLODYN® хорошо зарекомендовали себя при использовании на различных объектах – жилых домах, общественных и промышленных зданиях в Швеции, Германии, Испании, Великобритании, Австрии и др.

По материалам фирмы Getzner Werkstoffe GmbH