

**А.Ю. Смирнов**

ООО "Акустик Трафик" (Киев, Украина)

## ВИБРОЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ SYLOMER

*Развитие технического прогресса сопровождается совершенствованием и усложнением инженерного и технологического оборудования. Очень часто во время работы большинства современных механизмов и машин возникают вибрации. Они могут быть относительно небольшими, как например, при работе систем центрального кондиционирования или очень значительными – при функционировании промышленных мельниц для переработки гипса, цементного клинкера, нерудных строительных материалов и т.п.*

Вибрации оказывают отрицательное воздействие на людей, а также на здания, сооружения, другие установки, поэтому необходимы меры для их устранения или максимально возможного уменьшения. Разработаны и применяются соответствующие санитарные и строительные нормы допустимых уровней вибраций для различных типов помещений. Производители оборудования, особенно зарубежные, различными способами стараются уменьшить воздействие вибрации на окружающую среду. Для этого применяются различные виброзащитные опоры, снижается масса и эксцентриситет подвижных частей и др. Однако не всегда меры производителей оборудования, направленные на снижение вибраций, оказываются эффективными в конкретных условиях его размещения. Так, например, трансформаторная подстанция, находящаяся на достаточно удаленном расстоянии от других объектов, не создает каких-либо проблем. Но в условиях очень плотной застройки современных городов нередко ее приходится размещать в непосредственной близости от жилых зданий, и в этом случае ее воздействие становится ощутимым. Возникает и противоположная задача, когда какое-то оборудование необходимо защитить от воздействия вибраций, создаваемых другими

механизмами и машинами, расположенными на близком расстоянии. Например, нужно защитить прецизионное металлообрабатывающее оборудование от негативных влияний, возникающих при работе других станков, поскольку такие вибрации могут нарушать технологический процесс и отрицательно сказываться на качестве выпускаемой продукции. Во всех этих случаях необходима дополнительная защита от вибраций.

В настоящее время существуют различные методы виброзащиты оборудования. Это применение пружинных и резинометаллических амортизаторов разных типов и конструкций, разнообразных виброгасящих покрытий из резины, полиуретана и других подобных упругих материалов.

Функционирование подавляющего большинства виброизоляционных материалов и изделий основано на принципе работы системы "масса-пружина". Из курса теоретической механики известно, что любая такая система имеет собственную резонансную частоту, зависящую от жесткости пружины и массы, входящей в систему. При воздействии с частотой, равной или близкой к собственной, в системе "масса-пружина" возникает явление резонанса. Основная задача виб-

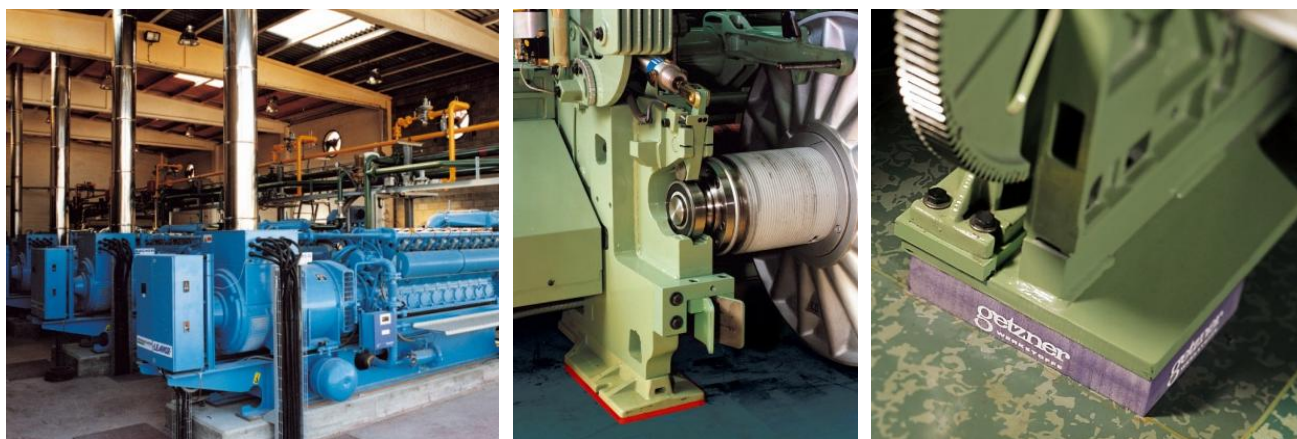


Рисунок 1 – Варианты применения эластомерных виброизолирующих опор для различных типов промышленного оборудования

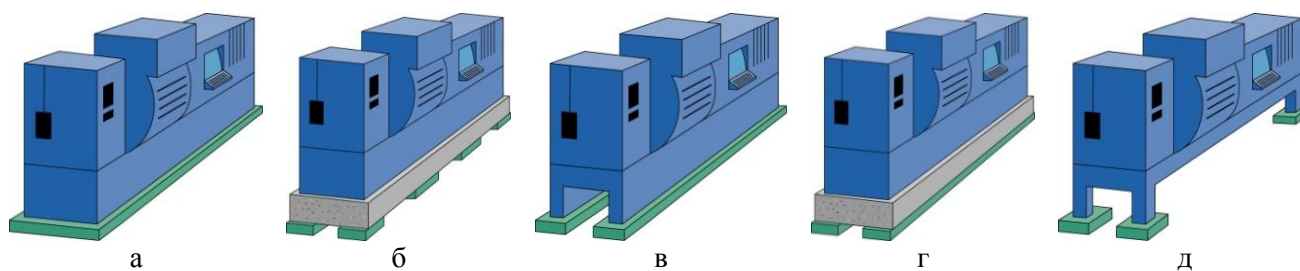


Рисунок 2 – Типы виброизолирующих опор из материала Sylomer:  
*a* – полноплоскостная; *б* – точечная с фундаментом; *в* – ленточная;  
*г* – ленточная с фундаментом; *д* – точечная

роизоляции оборудования заключается в выборе упругих опор с минимально возможной собственной резонансной частотой. Естественно, что погасить вибрации полностью невозможно, но с помощью таких виброзащитных систем можно снизить их до приемлемых для конкретных условий значений.

Для создания эффективной виброзащиты необходимо хорошо представлять себе, какие именно вибрации необходимо погасить. Т.е., необходимо знать их частоту и амплитуду, уровень значений, до которых их нужно снизить, определить место, в котором устройство виброзащиты будет наиболее эффективным: непосредственно под оборудованием, между основанием оборудования и фундаментом, под фундаментом и т.д. Необходимо достаточно точно знать оба параметра системы "масса-пружина": массу объекта, который необходимо изолировать от вибраций и жесткость пружины или элемента, ее заменяющего. Ошибки при расчете системы и неточность исходных параметров могут привести к тому, что эффект от виброзащиты будет в лучшем случае нулевым, а в худшем – отрицательным, тогда система войдет в резонанс.

Исходные параметры вибрации можно или измерить, или оценить по характеристикам оборудования (частота вращения вала, частота перемещения подвижной части машины, частота электрического тока и т.д.). Массу виброизолируемого объекта также несложно определить по техническим характеристикам оборудования и размерам основания/фундамента, если они имеются. Наиболее критическими параметрами для расчета являются характеристики самих виброизоляционных материалов. Обеспечить постоянство характеристик материалов при массовом производстве – весьма непростая задача, а производство материала с заданными характеристиками для каждого конкретного случая применения крайне сложно. Попытки использования упругих материалов и пружин с неизвестными, с точки зрения виброзащиты, характеристиками, скорее всего, приведут к отрицательным результатам. Поэтому для эффективной виброзащиты

конкретного объекта необходимо применять только продукцию, специально для этого предназначенную, с гарантированными и стабильными, независимо от партии, характеристиками.

К сожалению, в мире не так много производителей, способных обеспечить соответствие своей продукции таким требованиям. Одним из них является австрийская фирма "Getzner Werkstoffe GmbH", выпускающая высокоэффективные виброизоляционные материалы Sylomer® нового поколения. Материал Sylomer® является полиуретановым эластомером, созданным с помощью высоких технологий. Материалы Sylomer® уже более 30 лет успешно применяются для виброизоляции различных типов оборудования: полиграфического, кузнечно-прессового, дробильно-размольного, различных типов станков, компрессоров, электрогенераторов и других типов тяжелого инженерного оборудования.

Sylomer® представляет собой полиуретановый эластомер со смешанно-ячеистой структурой. Благодаря полимерной матрице (а не заключенному в нем воздуху) материал обладает высокими упругими свойствами и достаточно большим внутренним демпфированием. Таким образом, обеспечивается высокая стабильность функциональных свойств материала. Фирма "Getzner Werkstoffe GmbH" производит десять стандартных типов материала Sylomer® с диапазоном статических нагрузок 0,005...1,2 Н/мм<sup>2</sup>. Кроме стандартных марок могут изготавливаться материалы с заданными характеристиками, соответствующими требованиям конкретного проекта.

Материал обладает следующими преимуществами:

- универсальностью применения;
- объемной сжимаемостью;
- высокими показателями виброизоляции;
- возможностью индивидуального подбора;
- хорошими показателями демпфирования;
- устойчивостью к маслам, жирам, щелочам и разбавленным кислотам;
- легкостью обработки;

- долговечностью;
- возможностью применения при минимальной высоте упругих опор.

Высокая эффективность виброизоляции с помощью материала Sylomer® может достигаться при относительно небольших деформациях. Типичная кривая "нагрузка/деформация" материала Sylomer® представлена диаграммой на рисунке 4. Начальная стадия нагружения материала характеризуется линейной зависимостью между деформацией и напряжением. На этой стадии приложенная к материалу статическая нагрузка вызывает лишь незначительную долговременную ползучесть. За линейным участком кривая деформации становится дегрессивной – материал "мягко" реагирует на дополнительные динамические нагрузки, что обеспечивает очень эффективное гашение вибрации. Для нагрузок (и, соответственно, деформаций), превышающих дегрессивный интервал, кривая "нагрузка/де-

формация" становится прогрессивной, и материал становится жестче при возрастающих нагрузках в данном диапазоне. В конце концов, динамическая эффективность более не возрастает с увеличением нагрузки. Sylomer® может воспринимать значительные кратковременные перегрузки. При этом материал не повреждается, и высокие деформации, вызванные пиковыми нагрузками, восстанавливаются практически полностью после снятия нагрузки. Усадка при сжатии материала Sylomer® в соответствии с DIN 53572 (70 ч при 50 % деформации, измерение через 30 мин. после снятия нагрузки) не превышает 2...6 % в зависимости от плотности материала.

На диаграмме на рисунке 5 представлена зависимость статического и динамического модулей упругости от нагрузки. Как и все эластомеры, Sylomer® реагирует жестче на динамические нагрузки, чем на статические. Модуль упругости

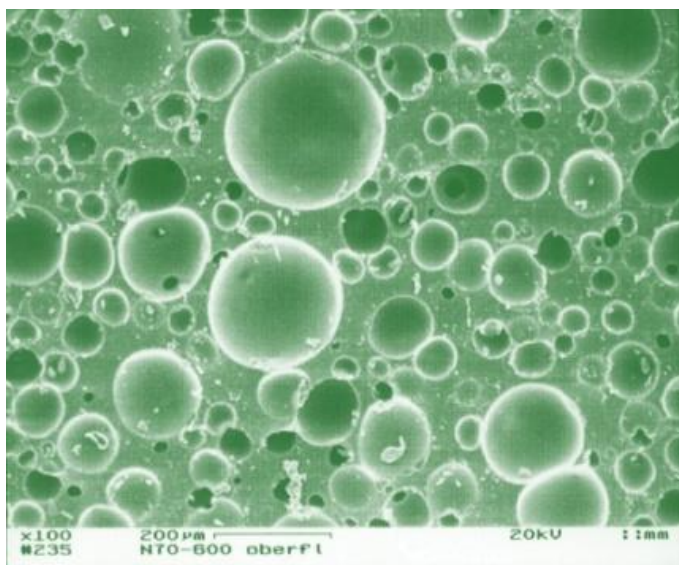


Рисунок 3 – Структура материала Sylomer под микроскопом (слева) и стенд для испытания динамических характеристик материала (справа)

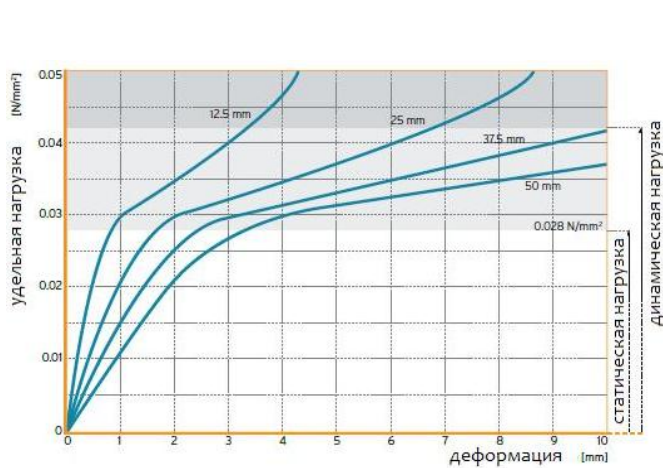


Рисунок 4 – Диаграмма "нагрузка/деформация"

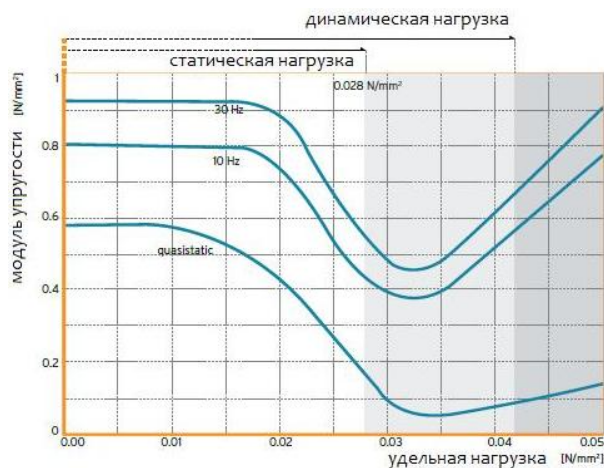


Рисунок 5 – Диаграмма "модуль упругости/нагрузка"



Рисунок 6 – Пружинный виброизолятор с демпфирующим элементом из материала Sylomer



Рисунок 7 – Эластомерный виброизолятор с упругим элементом из материала Sylomer

зависит от типа материала Sylomer®, величины нагрузки и частоты. На диаграмме видно, что зависимости динамического модуля упругости от нагрузки характеризуются ярко выраженным минимумом. В диапазоне нагрузок, соответствующих минимуму модуля упругости, Sylomer® характеризуется очень хорошими виброизолирующими характеристиками. Таким образом, опорные элементы и упругие прокладки из материала Sylomer® позволяют реализовать системы типа "масса-пружина" с высокой эффективностью изоляции вибраций и относительно малыми деформациями. В диапазоне частот, характерных для структурного шума (от 20 до 250 Гц) модуль упругости материала Sylomer® практически не зависит от частоты, поэтому в расчетах частотной зависимостью можно пренебречь.

С практической точки зрения очень интересным решением в области виброизоляции инженерного оборудования является применение упругих элементов из материала Sylomer® совместно с традиционными стальными пружинами (рисунок 6). Это позволяет придавать пружинным виброisolаторам новые функциональные свойства и расширить круг решаемых задач по виброзащите технологического и промышленного оборудования.

Материалы Sylomer® успешно применяются на многих объектах по всему миру. Фирма "Getzner Werkstoffe GmbH" выполняет индивидуальное проектирование виброизоляционных опор для различных установок в соответствии с требованиями заказчика и строительной спецификой объекта. Специалисты фирмы рассчитывают результирующие пиковые нагрузки и определяют методы изоляции механических шумов. Заказчик получает точный расчет виброизоли-

рующей опоры для каждой установки с указанием степени изоляции, изолирующего эффекта и собственной частоты. Подробный цветной план монтажа, в котором цветовое обозначение соответствует применяемым материалам, значительно упрощает укладку виброизоляционных материалов на объекте. Это уменьшает вероятность дефектов и обеспечивает виброизоляцию в точном соответствии с проектом. Официальным представителем "Getzner Werkstoffe GmbH" в Украине является ООО "Акустик Трафик" (Киев, Украина), специалисты которой работают в тесном сотрудничестве с научно-исследовательским центром "Getzner Werkstoffe GmbH" в Австрии.

За последние годы в Украине и России успешно реализован целый ряд проектов с применением материалов Sylomer®: виброизоляция шаровых мельниц (в технологии производства гипсового вяжущего для Российской компании ООО "Кнауф Сервис" в Новомосковске, Санкт-Петербурге, Кунгуре), защита зданий и сооружений от вибрации тяжелого инженерного и технологического оборудования (**гостиницы Киева (Украина):** Hilton, Fairmont Grand Hotel, Holiday Inn.).

Кроме виброизоляции оборудования выполнена эффективная защита от вибраций фундаментов зданий, расположенных вблизи железнодорожных рельсовых путей и линий метрополитена в Киеве и Москве, а также многое другое.

