

Концепция виброзащиты зданий и сооружений в поле строительных нормативов РФ

М.А.Дашевский, ООО «Вибросейсмозащита», Москва

В.Л.Мондрус, НИУ «МГСУ», Москва

В.В.Моторин, ООО «Вибросейсмозащита», Москва

В первой части рассмотрена методика измерений уровня вибрации при прохождении рельсового транспорта. Особенностью рассматриваемого воздействия является его кратковременность и регулярная повторяемость в течение суток (10 с при проходе состава метрополитена через створ измерений с повтором через каждые 1,5–3 минуты в течение 21 часа в сутки). Прогнозируемый уровень вибрации и зависящий от неё уровень структурного шума определяется измерениями при обследовании участка строительства зданий или, при отсутствии на момент строительства линий рельсового транспорта, – расчётом или измерениями на существующих аналогах. При сравнении результатов прогноза уровней вибрации и структурного шума с допустимыми по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы» (далее – СН РФ) в каждом конкретном случае решается вопрос: нужна виброзащита зданий или нет. Выбор метода оценки результатов измерений из трёх, рекомендуемых в СН РФ, является решающим при ответе на этот вопрос. Показано, что допустимым является только использование спектрального метода. Остальные два метода, основанные на получении среднего за период измерений (около 30 мин) уровня, дают заниженные результаты типа «средней температуры по больнице», что противоречит принципу недопущения «значительного беспокойства», положенного в основу санитарных норм. Во второй части рассмотрен реализованный метод виброзащиты зданий с использованием резинометаллических многослойных заменяемых виброизоляторов, располагаемых в проёмах, устроенных в виброшве между защищаемой и незащищаемой частями здания. Метод позволяет осуществлять застройку зданиями любой этажности независимо от наличия трасс рельсового транспорта и времени года и обеспечивает выполнение требований санитарных норм РФ и СНиП по прочности, надёжности и долговечности зданий, виброизолированных этим методом. В третьей части показано, что применение в виброизоляторах резины не противоречит требованиям ФЭ-384 «О безопасности зданий и сооружений», поскольку при выгорании нескольких или всех виброизоляторов в проёмах здание оседает на величину зазора вибрационного шва (14–15 мм) и опирается на металл на участках между проёмами.

Выводы по статье: 1) обоснование спектрального метода измерений позволяет реально оценить необходимость применения виброзащиты в соответствии с требованиями СН РФ; 2) апробированная на практике система виброизоляции зданий с помощью резинометаллических виброизоляторов

обеспечивает выполнение всех требований СН РФ и СНиП по прочности, надёжности и долговечности; 3) конструктивное решение виброзащиты обеспечивает безусловное выполнение требований ФЭ-378 по пожарной безопасности виброизолированного здания при выгорании виброизоляторов.

Ключевые слова: рельсовый транспорт, вибрация, спектры, методика измерений, прогноз уровня вибрации, виброэкология, строительные нормы, прочность, надёжность, долговечность, пожарная безопасность, эффективность виброзащиты, резинометаллические виброизоляторы, отсроченный монтаж, заменяемость виброзащиты.

The Concept of Vibroprotection of Buildings and Structures in the Field of Construction Standards of the Russian Federation

M.A.Dashevsky, LLC "Vibroseismozaschita", Moscow

V.L.Mondrus, NRU MGSU, Moscow

V.V.Motorin, LLC "Vibroseismozaschita", Moscow

In the first part the technique of measuring the level of vibration during the passage of rail transport is considered. The peculiarity of the considered impact is its short duration and regular repeatability during the day (10 s when the metro composition passes through the measurement range with repetition every 1,5–3 minutes for 21 hours a day). The predicted level of vibration and the level of structural noise depending on it are determined by measurements when inspecting a building construction site or, if there are no rail transport lines at the time of construction, by calculation or measurements on existing analogues. When comparing the results of the forecast with the levels of vibration and structural noise that are acceptable for the RF SN, the specific case solves the question: whether buildings are vibroprotective or not. The choice of a method for evaluating the measurement results from the three recommended in the RF SN is decisive in answering this question. It is shown, that only the use of the spectral method is permissible. The remaining two methods, based on obtaining an average over the measurement period (about 30 minutes) of the level, give underestimated results such as "average profile", which contradicts the principle of avoiding "significant concern" underlying sanitary norms. In the second part the implemented method of building vibroprotection using rubber-metal multilayer replaceable vibration isolators located in openings arranged in the vibrous grooves between the protected and non-protected parts of the building is considered.

The method allows to construct buildings of any number of floors, regardless of the availability of rail transport routes and the season, and ensures compliance with the requirements of the sanitary standards of the Russian Federation and SNiP for durability, reliability and durability of buildings vibroinsulated by this method. The third part shows that the use of rubber in vibration isolators does not contradict the requirements of FZ-384 "On the Safety of Buildings and Structures", since when a few or all vibration insulators burn out in openings, the building collapses by the size of the gap of a vibrating joint in areas between openings.

Conclusions on the article: 1) the substantiation of the spectral method of measurement allows to realistically assess the need for the use of vibration protection in accordance with the requirements of the RF SN; 2) The system of vibration isolation of buildings, adopted in practice, with the help of rubber-metal vibration insulators ensures that all requirements of the MV of the Russian Federation and SNiP are fulfilled for durability, reliability and durability; 3) a constructive solution of vibration protection ensures unconditional compliance with the requirements of the Federal Law FZ-378 for fire safety of a vibration-proof building when a vibration isolator burns out.

Keywords: rail transport, vibration, spectra, measurement technique, vibration level prediction, vibro-ecology, building codes, strength, reliability, durability, fire safety, vibroprotection efficiency, rubber-steel pads, delayed installation, replacement vibroprotection.

1. Прогноз уровней техногенных вибрационных воздействий, передающихся по грунту на здания при движении поездов метро и железнодорожных составов

В отличие от природных воздействий (типа сейсмических), основной особенностью техногенного вибрационного воздействия на построенные и, особенно, на вновь возводимые здания и сооружения является отсутствие фактора внезапности и непредсказуемости. Техногенные нагрузки, даже неожиданные (типа взрыва), подробно изучаются, собираются в процессе проектирования новых или реконструкции существующих зданий и уточняются путём проведения экспериментальных обследований. Поэтому сбор или экспериментальное определение техногенных динамических нагрузок является обязательным предварительным этапом при строительстве вблизи трасс метрополитена или железных дорог.

Основной целью проведения натурных исследований волнового поля на поверхности грунта вблизи возводимого объекта или на конструкциях существующего объекта является достоверный ответ (прогноз) на вопрос: нужны или не нужны мероприятия по виброзащите с точки зрения обеспечения требуемого законом РФ (СанПиН, СН) вибрационного комфорта людей, живущих или работающих в здании. Основным критерием такого комфорта, введённым в п. 3.2 санитарных норм (СН РФ) [1], является отсутствие значительного беспокойства.

На эти критерии опираются СН РФ, где приведены предельно допустимые числовые характеристики вибрации, с которыми сравниваются результаты прогноза. Характеристиками являются средние по ансамблю измерений значения максимальных уровней вибрации в децибелах, $L_{дб} = 20L_g(S/S_0)$, определённые на основании спектров среднеквадратических значений виброускорений ($S = a$) или виброскоростей ($S = v$) поверхности грунта уже возведённых конструкций или их аналогов, по которым можно выделить преобладающие частоты воздействия и зависимость затухания колебаний от расстояния до источника. Величины S_0 являются постоянными и приведены в СН РФ. Для получения представительного ансамбля данных желательно измерение полного спектра не менее, чем в десяти реализациях (например, десять поездов), что позволяет дать достоверное среднее значение этих максимумов.

Особенностью динамической нагрузки при движении рельсового транспорта (в первую очередь, метрополитена) является дискретность воздействия. В среднем, воздействие 10-вагонного состава при рейсовой скорости 72 км/час (20 м/с) и стандартной длине вагона 20 м длится десять секунд: по одной секунде на вагон, при этом 0,5 с – это воздействие четырёх пар колёс (по два у соседних вагонов), и ещё 0,5 с – при прохождении через створ измерений пространства вагона между тележками. Далее динамическое воздействие отсутствует – до прохода следующего поезда (от 1,0 мин днём до 2,0–3,0 мин ночью). Этот режим – 10 с вибрации и 1–3 мин тишины – возникает в среднем 30 раз за один час и продолжается 21 час в сутки. Перерыв – с 2.00 до 5.00 утра. При таком режиме в качестве критерия беспокойства следует выбирать средний по ансамблю из максимумов среднеквадратических значений виброускорений или виброскоростей для каждой октавной полосы, измеренных в течение прохода поезда через створ измерений (около 10 с). Такой подход принят в большинстве нормативных документов мира [2], включая и Россию (СН РФ, спектральный метод). Принимать за уровень вибрации некое осреднённое её значение за период 30 мин – всё равно, что судить о температуре пациента по средней температуре по больнице.

К достоинствам спектрального метода относится и возможность учёта индивидуальных динамических характеристик конструкций здания, которые существенно влияют на коррекцию вибрационного и акустического полей в помещениях. В первую очередь, это собственные частоты колебаний его конструктивных элементов – перекрытий, стен, колонн и т.п. При практически сплошном спектре воздействия в диапазоне 20–60 Гц (наиболее энергонесущая часть спектра, [3]) всегда найдётся конструктивный элемент, собственная частота колебаний которого будет близка одной из частот этой части спектра. Многократные обследования колебаний перекрытий зданий при прохождении составов метрополитена показали, что при прохождении конкретного поезда перекрытия разных размеров и конфигурации колеблются со своими собственными частотами, «вытаскивая» их из спектра воздействия, то есть при проходе поезда колебания локальных конструкций здания несут

ярко выраженный резонансный характер. Поскольку зачастую при проведении обследования здание только проектируется, а иногда и трасса метрополитена тоже находится в стадии проектирования, при разработке прогноза, зная типовые спектры воздействия и резонансные частоты элементов конструкций, можно даже на ранних стадиях рассмотрения проблемы сделать надёжный прогноз уровня вибрации в здании в период эксплуатации и здания, и линии метро, то есть достоверно ответить на главный вопрос: «нужна виброзащита здания или не нужна». Для случая, когда обследование участка строительства производится на стадии проектирования зданий либо трассы метрополитена, на основании многочисленных обследований был сформулирован оценочный подход к учёту изменения динамического воздействия, измеряемого на грунте, динамическими характеристиками конструкции здания. Предполагается, что при практически сплошном спектре воздействия в диапазоне частот 20–70 Гц в конструкции здания всегда найдутся элементы с частотами собственных колебаний, близких к имеющимся в спектре колебаний грунта. Принимая (на основании многочисленных опытных замеров), что уровень вибрации массивного цоколя с фундаментной плитой в 3,5–4 раза меньше уровня вибрации, измеренного на грунте, а уровень резонансной вибрации перекрытий в 5–6 раз больше уровня вибрации цоколя, можно заключить, что уровень вибрации перекрытий будет в среднем в 1,5 раза (на 3,5 дБ) выше уровня, измеренного на грунте. Эта добавка (3,5 дБ) повторяется во многих зарубежных нормах [2] и стала практически общепринятой.

Два других, рекомендуемых СН РФ метода оценки уровня вибрации в помещениях – интегральный метод и эквивалентный интегральный метод, дающие осреднённый за 30 мин одного измерения, а затем и осреднённый по ансамблю таких 30-минутных измерений, уровень вибрации – вполне пригодны для его прогноза в общественных или производственных помещениях с постоянно-переменной работой большого количества источников, например, вентиляторов, ткацких, печатных или металлорежущих станков, прессов и т.п. Однако при прогнозе или оценке уровня вибрации, возникающей в зданиях во время прохождения поездов, в частности метрополитена, эти методы обработки результатов, как объяснено выше, дают существенно заниженные значения, не соответствующие основному требованию СН РФ (недопущение «значительного беспокойства»). Поэтому оба метода принципиально непригодны для разработки прогноза, используемого при оценке необходимости виброзащитных мероприятий.

2. Технология виброзащиты зданий от динамического воздействия подземного и наземного рельсового транспорта с использованием заменяемых многослойных резинометаллических виброизоляторов и с учётом требований СНиП РФ по прочности, эффективности, долговечности и надёжности

Существует два метода защиты зданий и сооружений от вибрации: активный, применяемый к источнику вибрации и

называемый виброизоляцией в источнике, и пассивный, применяемый в здании, подвергающемся воздействию вибрации, и называемый виброзащитой. Виброизоляция в источнике в статье не рассматривается, так как была подробно рассмотрена в работах [3–6].

Наиболее эффективная, долговечная и заменяемая система виброзащиты зданий состоит в установке их на многослойные резинометаллические заменяемые виброизоляторы, размещённые в вибрационном шве, отделяющем защищаемую часть здания от незащищаемой (фундамент, подземные гаражи, компрессорные, насосные и т.п. технологические помещения). Система предполагает монтаж виброизоляторов после возведения здания, в период отделочных работ и включения теплового контура, что позволяет не прерывать процесс строительства и исключить влияние внешних температур. Виброизоляторы размещаются в Т-образных проёмах, «полка» и «ножка» которых разделены вибрационным швом [7–9]. На первой стадии возводится фундаментная конструкция, верхняя часть которой заканчивается «гребёнкой» из «ножек» Т-образных проёмов и поверхностью вибрационного шва между ними. На второй стадии в опорных местах шва между «полками» проёмов укладываются извлекаемые после монтажа металлические листы (2×10 мм), устанавливается опалубка «полок» и бетонируются стены с проёмами. Если предусмотрены колонны или пилоны, то вибрационный шов с опорными извлекаемыми металлическими листами устраивается в их верхней части, между перекрытием первого этажа и капиталью или утолщением пилона. В «полках» проёмов на металлических плитах размещаются многослойные виброизоляторы. Здание готово к началу монтажа, не связанного со строительными работами в здании. Виброизоляторы, в соответствии с картой монтажа, сжимаются с помощью переставляемых домкратов, размещаемых в «ножках» проёмов, и фиксируются в сжатом состоянии. Последовательное напряжение силовых виброизоляторов в течение нескольких циклов обеспечивает равномерность отрыва здания от незащищаемой части и передачу всех нагрузок на фундамент только через виброизоляторы.

В процессе монтажа усилием виброизоляторов здание отжимается от опорных листов и вывешивается на размещённых в проёмах виброизоляторах, а металлические листы извлекаются из шва, чем обеспечивается опирание здания только на виброизоляторы. В предусмотренных между виброизоляторами дополнительных проёмах устанавливаются включающие резинометаллические прокладки горизонтальные упоры, через которые горизонтальные нагрузки (ветер, распор) передаются на фундамент. Зона контакта с грунтом по вертикальным боковым поверхностям защищаемой части также оборудуется виброзащитой в виде системы перфорированных резиновых элементов, утопленных в слое теплоизоляции между конструкцией и подпорной стенкой с гидроизоляцией. На этом монтаж системы виброзащиты заканчивается.

Рассмотрим, на основании каких мероприятий и свойств описанной выше системы виброзащиты обеспечиваются требования СНиП РФ по прочности, надёжности и долговечности защищаемого здания и требуемая по СН РФ эффективность защиты.

Прочность и долговечность. Набор конструкций виброизоляторов в виде многослойных резинометаллических пластин с несущей способностью от 0,15 до 2,00 МН и способ их монтажа были проверены расчётом и экспериментом и запатентованы [10–14]. Долговечность пластин составляет не менее ста лет со снижением эффективности на 4 дБ в конце срока старения – по результатам УКИ по ГОСТ при расчётной деформации $S = \Delta/H_0 - \Delta = 0,2$.

Эффективность. Определённая по результатам расчётов и экспериментов статическая и динамическая жёсткость пластин учитывает эффект старения, поэтому при назначении расчётной эффективности требуемая по СН РФ эффективность увеличивается на 4 дБ. Надёжная виброзащита от динамического воздействия поездов метрополитена и железной дороги обеспечивается её большой эффективностью (при трёх слоях – до 32 дБ в октавной полосе 31,5 Гц), что полностью гарантирует выполнение требований санитарных норм РФ для зданий любого назначения и приближения к трассе.

Надёжность. Система виброзащиты является заменяемой. Любой виброизолятор без нарушения работы системы в целом может быть заменён в течение одного часа. С этой целью заменяемый виброизолятор поджимается домкратом, фиксаторы его напряжённого состояния (пластины на опорах под плитой) извлекаются, плита опускается в начальное положение и виброизолятор извлекается. Установка нового виброизолятора производится в обратном порядке, то есть, как при монтаже. Процесс проверен при монтаже в здании, где он был необходим в связи с технологической и конструктивной особенностями здания.

Устойчивость. При расчётах на общую устойчивость новым является учёт работы силовых элементов виброзащиты, расположенных в вибрационном шве, то есть системы нелинейных пружин типа винклеровского основания, на котором стоит защищаемая часть здания. Задачи общей устойчивости при неравномерных осадках и горизонтально-крутящих нагрузках, типа ветровой, решаются в обычной постановке строительной механики в предположении, что при расчёте моментов отпора ансамбля виброизоляторов статическая и динамическая жёсткость виброизоляторов должна рассматриваться в линейной постановке, но для нелинейных пружин в нагруженном состоянии. Характеристики виброизоляторов рассчитываются для всего диапазона нагрузок, начиная с момента начала монтажа и до его окончания. Особенностью расчётов уровня вибрации при действии ветра, с точки зрения санитарных норм (СН РФ), является необходимость преобразования нагрузки по СНиП (нормированной для расчётов на прочность с расчётной вероятностью один раз в пять лет) в нагрузку для воздействия в ночной период для человека,

то есть с расчётной вероятностью один раз в течение восьми часов. Эта нагрузка меньше нагрузки по СНиП приблизительно в 95 раз.

3. Обеспечение пожарной безопасности виброизолированных зданий в соответствии с нормами РФ

Обеспечение пожаробезопасности виброизолированных зданий рассматривается ниже вне связи с комплексом мероприятий по обеспечению пожаробезопасности обычного здания, хотя и основано на требованиях ФЗ-384 «О безопасности зданий и сооружений» [15].

Конструктивная реализация правил пожарной безопасности вследствие специфики виброзащиты распадается на два направления: локальная безопасность при возгорании отдельного виброизолятора, например, при возгорании машины в гараже. В этом случае применение локальных мероприятий (щиты на проёмах, покрытые соответствующими обмазками, нащельники на участках вибрационного шва с прокладками диабазовой «ваты» и т.п.) позволяет локализовать возгорание и избежать порчи виброизолятора. Однако с точки зрения обеспечения пожарной безопасности здания эти мероприятия явно недостаточны. В соответствии с техническими условиями на виброизоляторы (ТУ 2532-029-05766882-2001) для резинового компонента (резина марки ИРП 7-30-14-102) «температурный интервал работоспособности виброизоляторов расположен в пределах от минус 40 °С до плюс 60 °С», что соответствует мировым стандартам в этой области.

Но резина как материал относится к сильно горючим (категория Г4) и при температуре в помещении $T \geq 350$ °С вообще необратимо теряет свою структуру. Поэтому защитить виброизолятор при большом пожаре с температурой более 1000 °С, практически невозможно. Человечество пока не создало негорючей резины, пригодной по своим эластомерным качествам для использования в виброзащите. Учитывая неизбежное при пожаре выгорание резины в виброизоляторе и в соответствии с требованиями ФЗ-384 «О безопасности зданий и сооружений», необходимо даже при полном выгорании одного или группы виброизоляторов обеспечить немедленное автоматическое включение эффективных средств пожаротушения. Конструктивные особенности системы виброзащиты позволяют обеспечить прочность (в том числе по второму состоянию), надёжность, долговечность и безопасность (в том числе пожарную): в качестве способа защиты сооружения, когда устанавливаются резинометаллические виброизоляторы, были постулированы два обязательных принципа: заменяемость виброизоляторов в процессе эксплуатации (1) и независимость живучести здания от выгорания резины в виброизоляторах (2).

1. Как уже упоминалось выше, заменяемость виброизоляторов применяется не только при восстановлении системы виброзащиты после форс-мажорного выхода её из строя, но и неоднократно используется при монтаже, когда необходимо вынуть виброизолятор из проёма с целью извлечения прокладки из шва, а потом поставить виброизолятор на место.

Процесс протекает в последовательности, обратной сжатию виброизолятора при монтаже, а после замены – так же, как при монтаже. Время замены составляет 40–60 минут.

2. Независимость указанных выше прочностных и иных параметров здания от выгорания виброизоляторов обеспечивается в процессе подъёма здания раскрытием вибрационного шва на 4–5 мм и извлечением по окончании монтажа одной из двух опорных прокладок, установленных в шве. После этой операции зазор в шве составляет ~ 14–15 мм. При эксплуатации здания происходит уменьшение этой величины до ~ 10 мм вследствие затухающей с течением времени ползучести резины (до 20% от первоначальной величины сжатия 20 мм). Когда в вывешенном на виброизоляторах здании возникает локальное возгорание, при выгорании виброизолятора воспринимавшееся им усилие перераспределяется на соседние, несгоревшие виброизоляторы, которые дополнительно сжимаются. В случае большого пожара просвет в виброшве по обе стороны проёма (14–15 мм) закрывается по мере выгорания виброизоляторов, и тогда здание опускается на опорные участки между проёмами, а нагрузка от ранее виброизолированной части здания передаётся на невиброизолированную часть конструкции, как это было до монтажа виброизоляторов. Предельно возможная величина изгибно-сдвиговых вертикальных перемещений определяется величиной зазора в виброшве и составляет 10–15 мм.

В соответствии с п.8 ФЗ-384 «предельное состояние конструкции в виде потери несущей способности (R) происходит вследствие возникновения предельных деформаций, значения которых приведены в приложении А (обязательном): для изгибаемых конструкций (примечание: в нашем случае изгибаемых со сдвигом) следует считать, что предельное состояние наступило, если прогиб достиг величины $L/20$, где L – пролёт в см, или скорость роста деформаций достигла ($L/9000$) 2 см/мин». Поскольку процесс горения не носит взрывной характер, а имеет место достаточно медленное возгорание резины вследствие её разогревания до 350 °С, реальным является первый критерий – по величине прогиба. Если принять, что минимальным пролётом при закрытии шва является суммарная длина проёма (650 мм), то предельно допустимый прогиб $\Delta = L/20 = 650/20 = 32,5$ мм, а возможный прогиб, равный замкнутому зазору в шве, составляет 15 мм. Коэффициент запаса $K = 32,5/15 = 2,16$. Таким образом, полностью и с большим запасом обеспечено соблюдение основного требования п.8 ФЗ-384 по второму предельному состоянию (по деформациям) при полном выгорании виброизолятора.

При выгорании группы виброизоляторов величина предельного прогиба, равная величине зазора, остаётся прежней, а величина пролёта растёт, увеличивая тем самым величину допустимого прогиба и, следовательно, величину коэффициента запаса.

Таким образом, требования ФЗ-384 выполнены. Поэтому при огнезащите виброизоляторов и виброшва можно (как и рекомендуется в проектах по применению рассматриваемой

системы виброзащиты) ограничиться локальной защитой проёмов и виброшва с применением новой эффективной плиты фирмы «Тиги Кнауф». Проблемы с дымоудалением могут быть решены генпроектировщиком в рамках общих решений по огнезащите здания. Таким образом, утверждения о том, что в случае выгорания виброизоляторов будут нарушены условия второй группы предельных состояний, то есть что конструктивные элементы получают недопустимые перемещения (прогибы), не подтверждаются приведённым выше расчётом по методике ФЗ-384, поскольку при полном выгорании одного или нескольких виброизоляторов прогиб не может превзойти ширины раскрытия виброшва (коэффициент запаса $K = 2,16$ и выше).

Что касается случая выгорания резины в горизонтальных упорах и необходимости восприятия горизонтальных усилий при действии ветра с передачей их на нижнюю часть здания, то эта же проблема возникает и при рассмотрении устойчивости здания до монтажа виброизоляторов и горизонтальных упоров. Проблема решается, если учесть силы трения в виброшве (бетон-металл и металл-металл). При коэффициенте трения $f \approx 0,1$ усилие трения покоя составит около 10% от веса здания, что намного превосходит суммарное значение ветровой нагрузки. При этом здание «работает» как жёстко-заделанное в невиброизолированной части.

Выводы и рекомендации

1. При проведении обследований участков вблизи линий метрополитена и железных дорог с целью получения ответа на вопрос «нужна ли защита зданий от вибрации или нет?» достоверные значения, соответствующие критерию и методике СН РФ, даёт только применение спектрального метода измерений.

2. Представленная реализованная на практике система виброзащиты зданий с помощью многослойных заменяемых резинометаллических виброизоляторов удовлетворяет всем требованиям СНиП РФ для зданий по прочности, долговечности, надёжности и СН РФ по эффективности.

3. Конструктивные особенности системы виброзащиты обеспечивают выполнение пожарных норм по ФЗ-384 с условием установки средств локальной огнезащиты проёмов и виброшва для обеспечения сохранности виброизоляторов при местных возгораниях.

Литература

1. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы РФ СН 2.2.4./2.1.566 – 96.

2. Нормы США «Noise and Vibration Assessment Methodology. 2007».

3. Дашевский, М.А. Эффективная защита верхнего строения пути метрополитена / М.А. Дашевский, В.Л. Мондрус, В. В. Моторин // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 4. – С. 111–117.

4. Дашевский, М.А. Эффективная конструкция виброзащитного верхнего строения пути метрополитена / М.А. Дашевский, В. В. Моторин // Метро и тоннели. – 2015. – № 2. – С. 28–33.

5. Дашевский, М.А. Виброзащитная конструкция верхнего строения пути / М.А. Дашевский, Н.А. Антонов, М.В. Мамажанов [и др.] // Тоннели и метрополитены. – 2005. – № 4. – С. 41–43.

6. Дашевский, М.А. Прогноз уровней вибрации зданий от движения поездов метрополитена / М.А. Дашевский, В.Л. Мондрус // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 11. – С. 52–54.

7. Виброизолированный крупнопанельный жилой дом / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, Е.М. Миронов, Ю.П. Либасов. – Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений (ССБС). – 2001. – № 6.

8. Дашевский, М.А. Виброзащита крупнопанельных зданий / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, М.В. Мамажанов // Строительные материалы, оборудование, технологии. XXI век. – 2004. – № 10 (69).

9. Дашевский, М.А. Защита от транспортной вибрации / М.А. Дашевский, Д.А. Глазков, В.В. Моторин // Высотные здания. – 2008. – № 5. – С. 92–97.

10. Дашевский, М.А. Инженерный метод нелинейного расчёта резинометаллических виброизоляторов для зданий / М.А. Дашевский // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2006. – № 6. – С. 37–41.

11. Дашевский, М.А. Прогноз свойств резиновых виброизоляторов на основе уточнённых реологических моделей / М.А. Дашевский, Е.М. Миронов, Г.А. Кублицкая // Труды ЦНИИСК. Динамика сооружений. – М., 1990.

12. Engineering Design of Rubber Pads Ageing Properties: Theory and Experiment / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, Е.М. Миронов, Т.Г. Самойленко // Constitutive Models for Rubber III. – London, 2003. – P. 147–153.

13. Дашевский, М.А. Формирование напряжённого состояния виброизолируемого здания в процессе монтажа резинометаллических виброизоляторов / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, И.В. Акимова // Вестник МГСУ. – 2015. – № 12.

14. Vibration Protection of Cultural Heritage ("Museum of Private Collections" Pushkin Museum. Pushkin) from the Dynamic Effects of the Subway. The Concept of Modeling of Process of Installation and Implementation of Vibration Protection, Measurement./ М.А. Дашевский, В.Л. Мондрус, В.В. Моторин, Д.К. Сизов, С.Н. Штовский, И.В. Акимова // Procedia Engineering. – 2016. – Volume 153. – Pp.490–495.

15. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Literatura

1. Proizvodstvennaya vibraciya, vibraciya v pomeshheniyah zhilyh i obshhestvennyh zdaniy. Sanitarnye normy RF SN 2.2.4./2.1.566 – 96.

2. Normy SShA «Noise and Vibration Assessment Methodology. 2007».

3. Дашевский М.А. Эффективная защита верхнего строения пути метрополитена / М.А. Дашевский, В.Л. Мондрус, В.В. Моторин // Academia. Архитектура и строител'stvo. – 2017. – № 4. – С. 111–117.

4. Дашевский М.А. Эффективная конструкция виброзащитного верхнего строения пути метрополитена / М.А. Дашевский, В. В. Моторин // Метро и тоннели. – 2015. – № 2. – С. 28–33.

5. Дашевский М.А. Виброзащитная конструкция верхнего строения пути / М.А. Дашевский, Н.А. Антонов, М.В. Мамажанов [и др.] // Тоннели и метрополитены. – 2005. – № 4. – С. 41–43.

6. Дашевский М.А. Прогноз уровней вибрации зданий от движения поездов метрополитена / М.А. Дашевский, В.Л. Мондрус // Промышленное и гражданское строител'stvo. – 2013. – № 11. – С. 52–54.

7. Виброизолированный крупнопанельный жилой дом / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, Е.М. Миронов, Ю.П. Либасов. – Сейсмостойкое строител'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij (SSBS). – 2001. – № 6.

8. Дашевский М.А. Виброзащита крупнопанельных зданий / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, М.В. Мамажанов // Строител'nye materialy, oborudovanie, tehnologii. XXI vek. – 2004. – № 10 (69).

9. Дашевский М.А. Защита от транспортной вибрации / М.А. Дашевский, Д.А. Глазков, В.В. Моторин // Высотные здания. – 2008. – № 5. – С. 92–97.

10. Дашевский М.А. Инженерный метод нелинейного расчёта резинометаллических виброизоляторов для зданий / М.А. Дашевский // Сейсмостойкое строител'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. – 2006. – № 6. – С. 37–41.

11. Дашевский М.А. Прогноз свойств резиновых виброизоляторов на основе уточнённых реологических моделей / М.А. Дашевский, Е.М. Миронов, Г.А. Кублицкая // Труды ЦНИИСК. Динамика сооружений. – М., 1990.

13. Дашевский М.А. Формирование напряжённого состояния виброизолируемого здания в процессе монтажа резинометаллических виброизоляторов / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, И.В. Акимова // Вестник МГСУ/ – 2015. – № 12.

15. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Дашевский Михаил Аронович, 1935 г.р. (Москва). Доктор технических наук, старший научный сотрудник. Научный консультант ООО «Вибросейсмозащита». Сфера научных интересов: виброзащита зданий и сооружений, взаимодействие упругих волн с подземными сооружениями. Автор более 80 публикаций, включая патенты. Тел.: +7 (985) 760-52-40. E-mail: michdash@mail.ru.

Мондрус Владимир Львович, 1957 г.р. (Москва). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Заведующий кафедрой строительной и теоретической механики (СиТМ) НИУ МГСУ. Сфера научных интересов: вероятностный подход к решению задач строительной механики, сейсмостойкость зданий и сооружений, сочетание численных и аналитических подходов при решении задач строительной механики. Автор более 150 работ. Тел.: +7 (495) 287-49-14, доб. 30-40, -41. E-mail: mondrus@mail.ru.

Моторин Владимир Владимирович (Москва). Кандидат технических наук. Генеральный директор ООО «Вибросейсмозащита». Сфера научных и производственных интересов: виброзащита зданий и сооружений. Автор 16 публикаций, включая патенты. Тел. +7 (985) 764-70-47. E-mail: Vladimir-motorin@mail.ru.

Dashevsky Mikhail Aronovich, born in 1935. Moscow. Doctor of technical sciences. Senior researcher of LLC “Vibroseismozaschita”, Sphere of scientific interests: vibration protection of buildings and structures, interaction of elastic waves with underground structures. The author of more than 80 publications, including patents. Tel.: +7 (985) 760-52-40. E-mail: michdash@mail.ru. After 2018 – Science consulting.

Mondrus Vladimir Lvovich, born in 1957. Moscow. Doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAACS. Head of the Department of construction and theoretical mechanics at the Moscow State University of Civil Engineering. Sphere of scientific interests: probabilistic approach to the solution of problems of construction mechanics, seismic stability of buildings and structures, combination of numerical and analytical approaches in solving problems of construction mechanics. The author of more than 150 publications. Tel.: +7 (495) 287-49-14, ext. 30-40, -41. E-mail: mondrus@mail.ru.

Motorin Vladimir Vladimirovich (Moscow). Candidate of technical sciences. General director of LLC “Vibroseismozaschita”. Sphere of scientific and industrial interests: vibration protection of buildings and structures. Author of 16 publications, including patents. Tel. +7 (985) 764-70-47. E-mail: Vladimir-motorin@mail.ru.