

тельных конструкций согласно ДСН 3.3.6.039-99, ГОСТ 12.1.012-90 и СНиП 2.02.05-87.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дырда В.И. Шум и вибрация в человеко-машинных системах в контексте охраны труда / В.И. Дырда, Г.Н. Агальцов, Е.А. Булат, С.В. Рощупкин // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. – Днепропетровск: Авантаж. – 2010. – Вып. 86. – С. 195-231.
2. Повороженко В.В. Транспорт и охрана окружающей среды / В.В. Повороженко, С.М. Резер, Ю.К. Казаров. – М.: ВНИТИ, 1980. – 119 с.
3. Диментберг Ф.М. Вибрация в технике и человек / Ф.М. Диментберг, К.В. Фролов. – М.: Знание, 1987. – 160 с.
4. Легасов В.А. Проблемы безопасного развития техносферы // Коммунист. – 1987. – № 6.
5. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; Введён 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.
6. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования; Введён 01.01.92. – М.: Госстандарт, 1990. – 46 с.
7. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації; Чинний від 01.12.99. – Київ, 2000. – 45 с.
8. ДСТУ 2300-93. Вібрація. Терміни та визначення. – Київ, 1993.
9. ГОСТ 30610-98. Межгосударственный стандарт. Вибрация. Динамические характеристики стационарно-обогащительного оборудования. Методы определения; Введён 01.07.2000. – Киев: Держстандарт України. – 39 с.
10. Пановко А.Г. Введение в теорию механических колебаний. – М.: Наука, 1991. – 256 с.
11. Дырда В.И. Прочность и разрушение эластомерных конструкций в экстремальных условиях. – Киев: Наукова думка, 1988. – 232 с.
12. Мазнецова А.В. Разработка прикладных методов расчёта силовых резиновых деталей вибрационных транспортно-технологических машин. / Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.05.06 / НАН Украины, Ин-т геотехн. механики. – Днепропетровск, 1990. – 17 с.
13. Трелоар Л. Физика упругости каучука. – М.: ИЛ, 1953. – 240 с.
14. Афанасьев В.Д. О некоторых особенностях виброизоляции вихревых смесителей аглофабрик / В.Д. Афанасьев, В.И. Дырда, Н.И. Лисица, А.Р. Арутюнян // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2005. – Вып. 60. – С. 162-168.
15. Рекомендации по виброзащите несущих конструкций производственных зданий / ЦНИИ и ПЭИ комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В.А. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 217 с.
16. Булат А.Ф., Дырда В.И., Звягильский Е.Л., Кобец А.С. Прикладная механика упруго-наследственных сред. В 3-х томах. – Киев: Наукова думка, 2011. – Т. 1. Механика деформирования и разрушения эластомеров. – 2011. – 463 с.

УДК 691.841

Дырда В.И., Лисица Н.И., Заболотная Е.Ю., Лисица Н.Н.,
Твердохлеб Т.Е.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВИБРОСЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

У статті розглянуто різні системи сейсмоізоляції будинків і споруд. Виконано аналіз існуючих систем і наведені конструкції антисейсмічних опор, що розроблені в ІГТМ НАН України, на основі багатопшарових гумометалевих віброізоляторів. Показано їх перевагу.

THE ANALYSIS OF WAYS OF VIBROSEISMOISOLATION OF BUILDINGS AND BUILDINGS

In a paper various systems of seismoisolation of houses and buildings are considered. The analysis of existing systems is made and constructions of antiseismic legs which are developed in the Polyakov institute of geotechnical mechanics of the National Academy of sciences of Ukraine, on the basis of multilayer rubber-metal of vibroinsulators are reduced. Their advantage is displayed.

Известно большое количество нетрадиционных систем сейсмоизоляции.

Наибольшее распространение получили системы сейсмоизоляции, при которых осуществляется полное или частичное снижение кинематической связи между фундаментом и надземными конструкциями.

Рассмотрим сейсмозащиту зданий в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса.

Скользящий пояс [1] (рис. 1) представляет собой ряд опор с пластинами из материала с низким коэффициентом трения скольжения, например, пластины из фторопласта и нержавеющей стали.

До тех пор, пока сейсмические нагрузки на надземные конструкции не превосходят сил трения, здание работает как единое целое с жёсткой кинематической связью между фундаментом и вышележащими конструкциями. При инерционных силах, превышающих силы трения скольжения, здание начинает проскальзывать относительно фундамента. С этого момента усилия от сейсмических нагрузок в элементах несущих конструкций практически не изменяются. Для ограничения относительных горизонтальных и вертикальных перемещений здания и фундамента в систему сейсмоизоляции вводят жёсткие или (что предпочтительнее) упругие ограничители (рис. 2).

Таким образом, снижение инерционных нагрузок происходит за счёт того, что суммарная поперечная сила в уровне скользящего пояса не может превзойти силу трения скольжения, а также за счёт повышения диссипативных характеристик здания и изменения в определённых пределах периода его собственных колебаний (этапы: до скольжения, период скольжения, включение в работу упругих ограничителей).

Такие конструкции сейсмозащиты отличаются простотой и дешевизной и

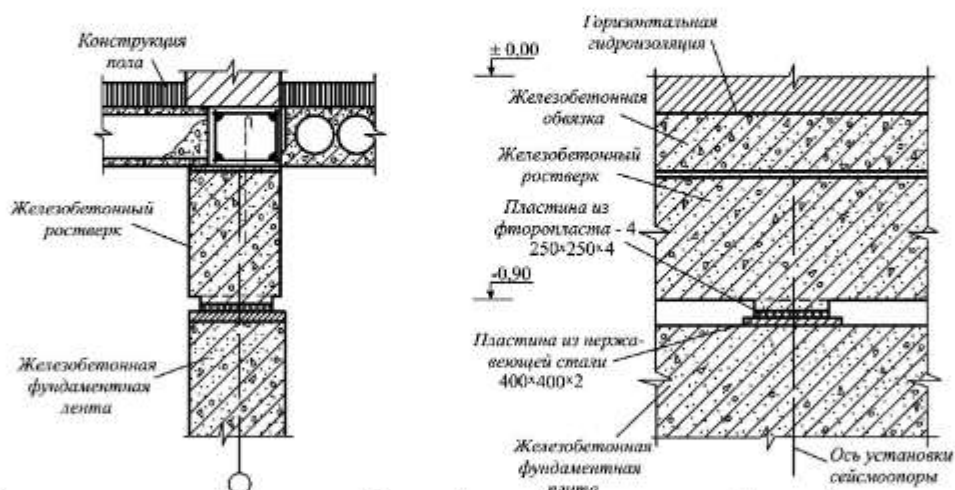
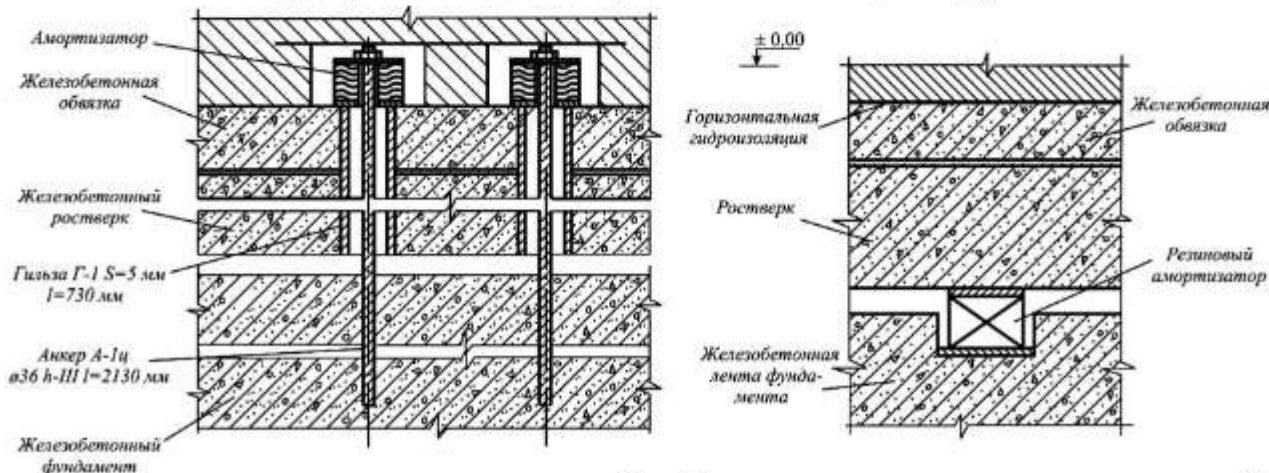


Рис. 1 – Сейсмоизолирующий скользящий пояс (сечение по скользящей опоре)



а – ограничитель горизонтальных перемещений
Рис. 2 – Упругие ограничители

б – ограничитель вертикальных перемещений

удовлетворительно гасят горизонтальные сейсмические воздействия. К недостаткам таких систем следует отнести невозможность снижения вертикальных воздействий (непосредственная близость эпицентра землетрясения) и необходимость передвигать всё здание после землетрясения.

Рассмотрим сейсмозащиту зданий с использованием стержневых и катковых конструкций.

Системы защиты с использованием различного исполнения стержневых конструкций [2, 3] обеспечивают податливость двух частей зданий, сооружений только в горизонтальной плоскости. На рис. 3 представлена одна из таких конструкций. Сейсмостойкое здание [2] содержит верхние жёсткие этажи 1 и нижний этаж 2, перекрытие 3 которого опирается на гибкие в горизонтальном направлении стойки 4, установленные на фундамент 5 и выполненные с вертикальными центрально расположенными торцевыми выступами 6. Перекрытие 3 и фундамент 5 выполнены с имеющими вертикальные стенки 7 выемками 8, в которых с зазором 9 относительно дна 10 выемок 8 выступы 6 стоек 4. Выступы 6 стоек 4 выполнены в виде усечённого конуса или пирамиды с большим основанием у плоских торцов 11 стоек 4. Перекрытие 3 и фундамент 5, выполненные, например, в виде плиты, контактируют с торцевыми поверхностями стоек 4.

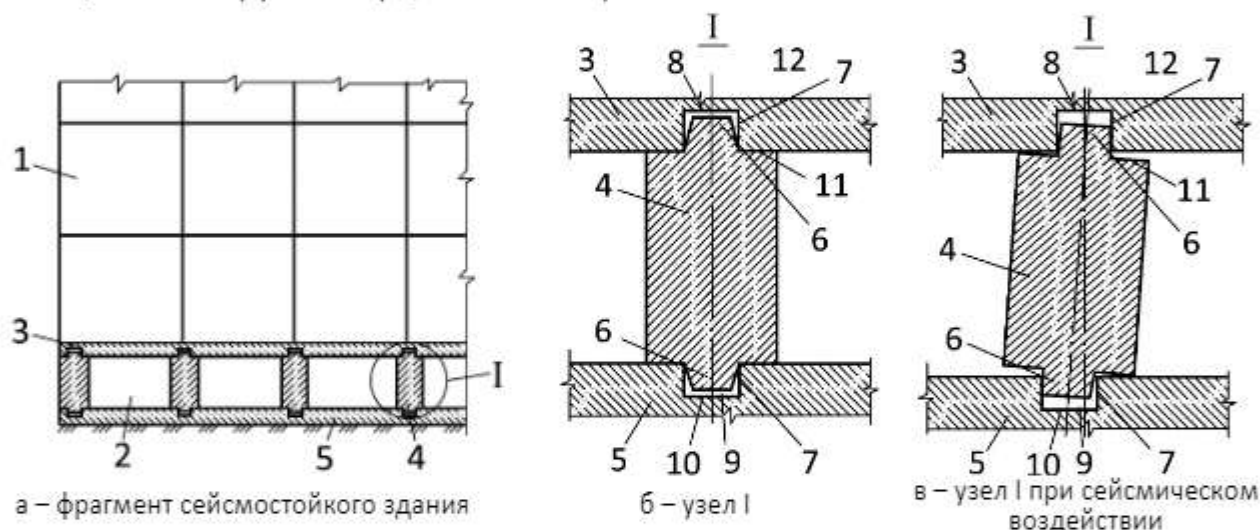


Рис. 3 – Стержневая система сейсмоизоляции

В период между сейсмическими толчками (рис. 3, а) статическая нагрузка, обусловленная весом, равномерно распространяется на плоские торцы 11 стоек 4.

При сейсмическом воздействии (рис. 3, б) происходит смещение основания с фундаментом 5 относительно верхних жёстких этажей 1, которые через перекрытие опираются на стойки 4. При незначительных воздействиях стойки 4 отклоняются от вертикали на незначительный угол и центр тяжести здания приподнимается, что приводит к увеличению периода собственных колебаний сооружения и снижению сейсмической нагрузки. При дальнейшем увеличении амплитуд колебаний происходит увеличение угла наклона стоек 4 и боковые грани 12 выступов 6 контактируют со стенками 7 выемок 8, повышая при этом устойчивость стоек 4.

В [3] приведена аналогичная конструкция сейсмостойкого здания с изменённой конструкцией стойки 4. В данном случае стойка выполнена сборной со стяжными элементами и полостями, заполненными вязкопластичным материалом. Такая конструкция стоек при сейсмическом воздействии резко изменяет период собственных колебаний здания, что позволяет зданию выходить из режима резонансных колебаний.

Разработаны и экспериментально исследованы системы сейсмоизолирующих катковых опор на шаровых роликах, сферических эллипсоидах и других элементах [4, 5]. При качественном изготовлении и монтаже опоры каткового типа позволяют существенно снизить параметры сейсмической реакции и усилий в несущих конструкциях зданий. Так, при катастрофическом землетрясении в Мексике 19 сентября 1985 г. несколько зданий с опорами на роликах практически не получили повреждений, тогда как рядом стоящие здания традиционных конструктивных схем имели серьёзные повреждения.

Для достижения большего эффекта снижение сейсмической нагрузки рекомендуется кинематические фундаменты выполнять с демпферами различного типа. На рис. 4 приведена конструктивная схема системы сейсмоизоляции с катковыми опорами и стальными полукольцами для зданий со стальным каркасом. Здесь стальная колонна 1 первого этажа опирается на опорную плиту 2, которая через катковую опору 3 соединяется с фундаментной плитой 4. Металлические полукольца 5 связывают нижнюю часть колонны с фундаментом. Функции этих полукольцев при интенсивном сейсмическом воздействии заключаются в ограничении горизонтальных перемещений каркаса зданий и увеличении затухания в системе сейсмоизоляции.

Недостатком таких систем сейсмоизоляции следует считать крайне низкую степень изоляции вертикальных воздействий. Вместе с тем, горизонтальные нагрузки можно уменьшить до 2 раз, уменьшить на 5-7 % расход стали и на 3-5 % сметную стоимость здания [4].

Рассмотрим систему с односторонними включающимися и выключающимися связями и повышенными диссипативными характеристиками.

Системы с односторонними включающимися и выключающимися связями, которые располагаются между элементами и диафрагмами жёсткости нижнего или двух этажей здания, предназначены для изменения его динамических характеристик после превышения определённого порогового усилия в конструкциях или сопряжениях [6, 7]. При этом за счёт увеличения периодов собственных колебаний зданий происходит их отстройка от максимальных амплитуд колебаний грунта, и усилия в конструкциях резко снижаются, предотвращая повреждения.

Увеличение способности зданий к затуханию – традиционный принцип повышения надёжности их работы при землетрясениях. Это достигается как за счёт вовлечения большого объёма материала несущих и ограждающих конструкций, так и обеспечением способности конструкций и их соединений к развитию значительных пластических деформаций, которые способствуют поглощению энергии сейсмических колебаний. С этой целью в конструкциях предусматриваются дополнительные устройства, узлы или элементы сухого, вязкого, вязкоупругого или гистерезисного трения. Как правило, эти две системы виброзащиты объединены в одну общую конструктивную схему.

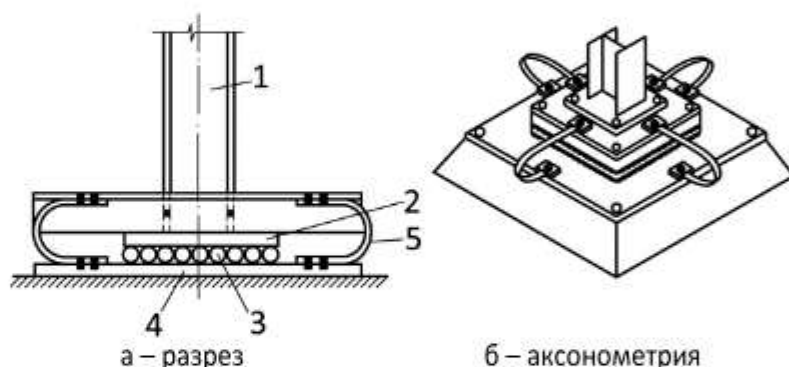


Рис. 4 – Сейсмоизоляция с использованием катковых опор и стальных полукольцев
а – разрез
б – аксонометрия

На рис. 5 представлен сейсмостойкий каркас здания [6]. Сейсмостойкий каркас содержит колонны 1 и ригели 2, образующие ячейки 3, в которых размещены диагональные связи 4 и энергопоглотители 5. Последние выполнены в виде стержней с выступами на стыкуемых боковых поверхностях и соединены с диагональными связями шарнирно с зазорами, а внутренняя полость заполнена упругопластичным материалом.

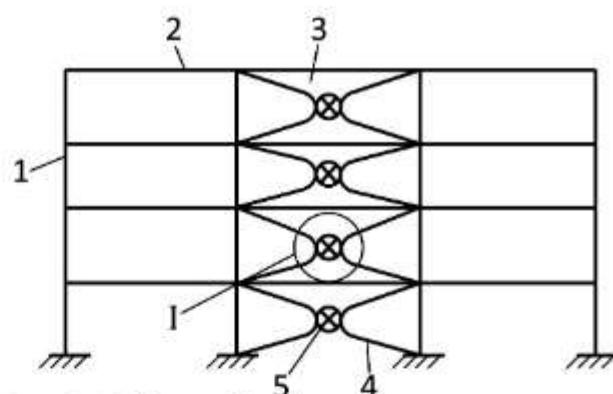


Рис. 5 – Сейсмостойкий каркас здания

При малом сейсмическом воздействии сейсмостойкий каркас не воспринимает сжимающих усилий, так как диагональные связи и энергопоглотитель поворачиваются вокруг шарниров. При увеличении сейсмического воздействия растягивающие усилия через диагональные связи поворачивают элементы энергопоглотителя, тем самым деформируют упругопластичный материал. Деформируясь, упругопластичный материал поглощает сейсмическую энергию.

Рассмотрим систему с динамическими гасителями колебаний.

Динамические гасители колебаний широко используются при виброзащите машин различного технологического назначения.

Применительно к вопросам сейсмостойкости зданий и сооружений исследования динамических гасителей выполнялось в конце 70-х годов прошлого столетия [8]. Здесь рассматривались вопросы разработки методов расчёта, принципов конструирования, проектирования и настройки динамических гасителей.

Особенность таких систем – введение дополнительной массы, соединённой с несущими конструкциями упругими связями и демпфирующими элементами. В случае совпадения основного периода собственных колебаний здания с одним из преобладающих периодов колебаний сейсмического воздействия, масса гасителя начинает совершать колебания в противофазе с амплитудой превышающей амплитуду колебания здания. Возникающие при колебаниях массы гасителя упругие и диссипативные силы, воздействуя на здание, уменьшают амплитуды его колебаний, что значительно повышает надёжность работы конструкции в целом и уровень комфортности помещений.

В зависимости от конструктивного исполнения упругой связи динамические гасители подразделяются на три группы – пружинные, маятниковые и комбинированные.

Пружинные гасители целесообразно применять при проектировании и строительстве зданий в районах сейсмичностью 8 и 9 баллов. Пружинный гаситель обычно состоит из железобетонного блока (массы гасителя), который опирается на перекрытие через скользящие или катковые опоры, и стальных пружин, размещаемых между блоком и несущими конструкциями здания или специальными упорами.

Затухание колебаний в гасителе обеспечивается путём сил сухого трения в скользящих опорах и демпферах вязкого трения.

Маятниковые гасители рекомендуется использовать в зданиях и сооружениях, период основного тона колебаний которых превышает 1 с. Такой гаситель состоит из специального блока, подвешенного на жёстких тросах, которые жёстко заделаны в точках подвеса. Частота собственных колебаний маятникового гасите-

ля регулируется изменением длины тросов, а затухание обеспечивается за счёт внутреннего трения, возникающего при изгибных деформациях верхней части тросов.

Комбинированный гаситель состоит из жёсткого блока, который крепится к несущим конструкциям здания с помощью гибких подвесок, и стальных пружин. Частота собственных колебаний комбинированного гасителя регулируется изменением жёсткости стальных пружин, а затухание обеспечивается постановкой демпферов вязкого трения.

Анализ литературных источников по сейсмозащите зданий с использованием динамических гасителей показал, что совершенно необоснованно исключено применение в качестве упругих связей конструкций из эластомеров. Известно [9], что использование эластомерных конструкций в упругих связях динамических гасителей позволяет значительно расширить диапазон настройки по сравнению с пружинами. Таким образом, использование динамических гасителей в сейсмозащите зданий требует дополнительных исследований.

Рассмотрим систему с упругими виброизоляторами и подвесками.

Системы с упругими виброизоляторами и подвесками для сейсмоизоляции зданий разработаны в большинстве случаев по аналогии с устройствами по виброизоляции машин и механизмов [10]. Известна широкая номенклатура виброизоляторов в виде цилиндрических и тарельчатых пружин, резиновых и резино-металлических параллелепипедов, цилиндров, ковриков и т.п. В практике сейсмозащиты зданий указанные элементы используются в сочетании с другими средствами сейсмозащиты. Благодаря этому обеспечивается отстройка изолируемого объекта от преобладающих колебаний грунта или поддерживающих конструкций.

Наиболее перспективными конструкциями считаются резиновые и резино-металлические виброизоляторы. По сравнению с металлическими пружинами (цилиндрические, витые, тарельчатые) виброизоляторы из резины имеют ряд преимуществ – относительная простота изготовления; высокая несущая способность; наличие гистерезисных потерь, что существенно упрощает конструкции дополнительных демпфирующих устройств; отсутствие мгновенного отказа.

Простейшей конструкцией резинометаллического виброизолятора является опора с чередующимися прослойками резины и металла, к которому резина привулканизовывается в процессе изготовления опоры. Толщина резиновых прослоек и их количество могут меняться в зависимости от расчётных нагрузок.

Для улучшения изолирующих и демпфирующих свойств многослойные резинометаллические виброизоляторы претерпели множество конструктивных изменений. Так, в сейсмоизолирующем устройстве [11] металлические пластины выполнены в виде спиралеобразных парных колец. Это позволяет им работать как армирующими элементами, так и упругими, совместно с резиновыми прослойками (рис. 6). Такая конструкция опоры позволяет улучшить её изолирующие и демпфирующие свойства в горизонтальном и вертикальном направлениях.

На рис. 7 приведена конструкция антисейсмической опоры [12], разрабо-

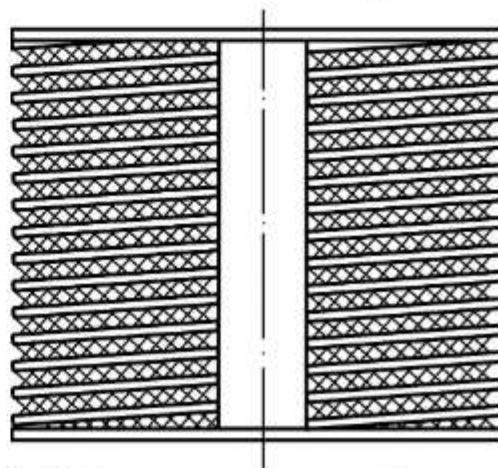


Рис. 6 – Сейсмоизолирующее устройства

танная в ИГТМ НАН Украины. Опора состоит из опорных 1 и промежуточных 2 металлических пластин, резиновых пластин 3, свинцового цилиндрического стержня 4 и конусной резиновой втулки 5. Модуль упругости резины конусной втулки 5 больше модуля упругости материала пластин 3. При возникновении сейсмических волн малой амплитуды гашение колебаний будет осуществляться только за счёт деформации сдвига пластин 3 и конусной втулки 5. При больших перемещениях будет происходить пластическая деформация свинцового цилиндрического стержня 4. Сопротивление опоры сдвигу, а соответственно процесс затухания будет носить «мягкий» характер за счёт нелинейности, обусловленной наличием конусной втулки 5, более жёсткой, чем пластины 3 и менее жёсткой, чем свинцовый цилиндрический стержень 4.

На рис. 8 представлена ещё одна сейсмостойкая опора конструкции ИГТМ НАН Украины [13]. Размещённая между зданием 1 и фундаментом 5 опора содержит металлические пластины 3, выполненные в виде сегментообразных оболочек и резиновые пластины 4 с зонами 5 и 6, обуславливающие нелинейность её характеристик при сжатии и сдвиге. Кривизна пластин 3 изменяется по высоте стопки по следующей зависимости:

$$R = k \cdot 10^3 \sqrt{\frac{1,5E \cdot h^{1,5n}}{q(2n+1)}},$$

где k – коэффициент нелинейности;
 E – модуль упругости резины;
 h – толщина металлической пластины;
 n – номер пластины;
 q – заданное давление, действующее на опору.

При возникновении сильных землетрясений с колебаниями высокой частоты и низкими значениями их амплитуды, эффективное затухание сейсмических волн в большей степени будет реализовываться в резиновых пластинах 4, размещённых между металлической пластиной 3, контактирующей с фундаментом, и пластиной 3, имеющей максимальную кривизну. Это обусловлено с одной стороны интерференцией волн и как следствие, затуханием волновых процессов именно в зонах 6 резиновых пластин 4, а с другой стороны деформациями их сдвига со сжатием, которые происходят при резком горизонтальном ускорении фундамента и обеспечивают тем самым нелинейность опор, а также увеличение адап-

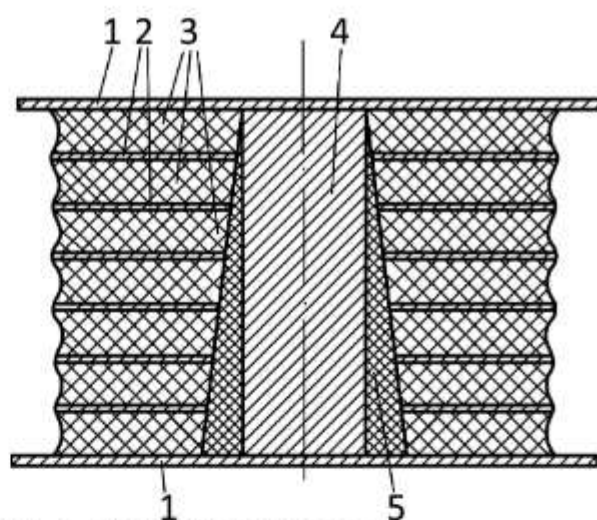


Рис. 7 – Антисейсмическая опора

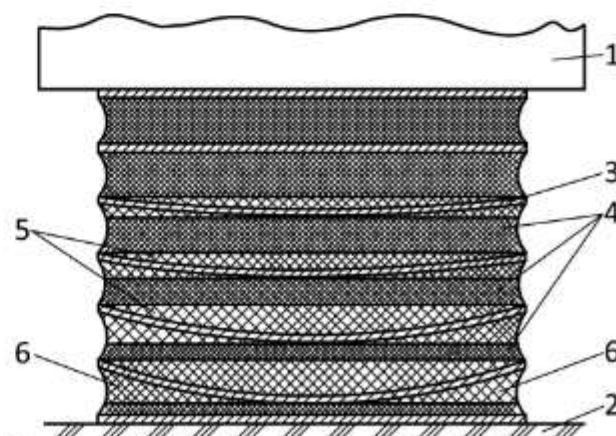


Рис. 8 – Сейсмостойкая опора

тационных свойств здания в целом. При землетрясениях с преобладанием в спектре низкочастотных колебаний со значительными амплитудами, существенное увеличение затухания и уменьшение амплитуд колебаний будет осуществляться за счёт активного участия в указанных процессах всех пластин сейсмостойкой опоры. Её нелинейность в этом случае, определяемая наличием зон 5 в резиновых пластинах 4, будет способствовать эффективному поглощению энергии сейсмических колебаний в вертикальной плоскости.

Анализ конструктивных особенностей сейсмоизоляции зданий показывает, что наиболее перспективным считается применение сейсмоизоляторов на основе резинометаллических конструкций. Это позволяет защитить здания при сейсмических воздействиях не только в горизонтальной и вертикальной плоскостях, но и от кручения. Считается [27], что именно кручение в сочетании с неблагоприятными факторами, в частности с вертикальной составляющей толчков, является основной причиной катастрофических разрушений при землетрясениях. Кроме того, применение резинометаллических слоистых виброизоляторов позволяет защитить здания и находящихся в них людей от воздействий метрополитена, автомобильного и железнодорожного транспорта.

На рис. 9 представлена антисейсмическая опора конструкции ИГТМ НАН Украины [14].

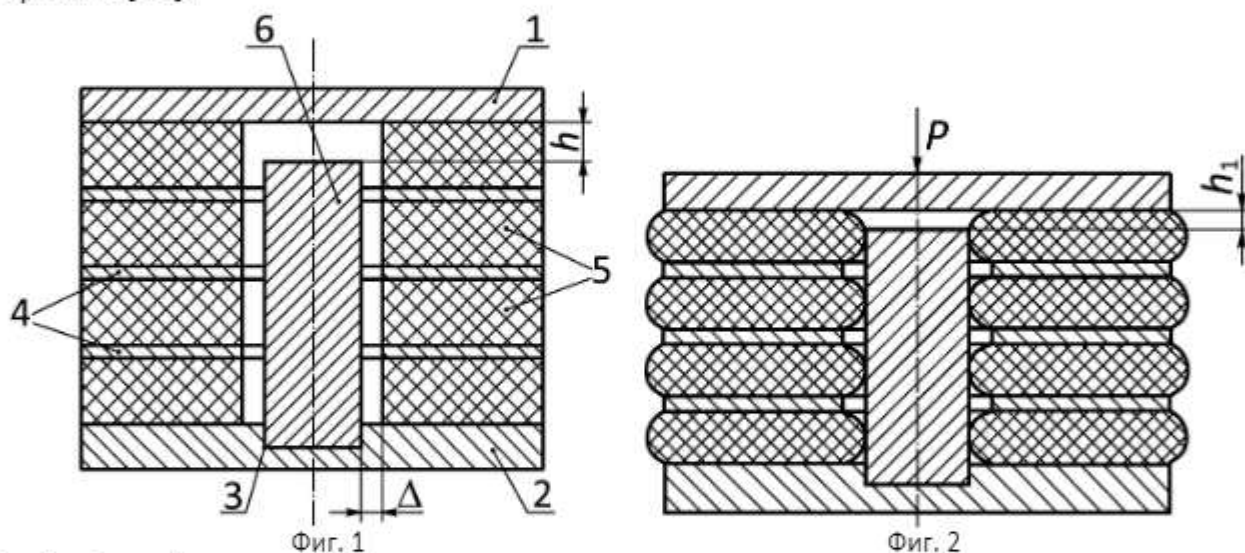


Рис. 9 – Антисейсмическая опора

Антисейсмическая опора содержит верхнее основание 1 и нижнее 2, в котором выполнена выемка 3, блок из послойно расположенных металлических пластин 4 и резиновых пластин 5. Свинцовый стержень 6 вставлен в выемку 3 нижнего основания 2. При этом свинцовый стержень 6 имеет зазор h между торцом и внутренней поверхностью верхнего основания 1, а также зазор Δ относительно внутренней боковой поверхности резинометаллического блока.

С целью уменьшения трудоёмкости изготовления все промежуточные металлические пластины 4 выполнены с одинаковым внутренним диаметром, что позволяет существенно снизить стоимость изготовления, особенно упрощает конструкцию пресс-формы.

С целью повышения эффективности сейсмоизоляции в вертикальном направлении свинцовый сердечник 6 установлен в выемке 3 нижнего основания 2 с зазором h относительно верхнего основания 1 и с зазором Δ относительно внутренней боковой поверхности резино-металлического блока, величины которых соответственно равны:

$$h = (1,1 - 1,2) \gamma H;$$
$$\Delta = (0,65 - 0,75) \gamma R_0,$$

где γ – относительная деформация резиновых пластин под нагрузкой;
 H – высота резиновой пластины в ненагруженном состоянии, мм;
 R_0 – внешний радиус резиновой пластины в ненагруженном состоянии, мм.

Зазор h на 10-20 % больше расчётной деформации γH резиновой пластины, что обеспечивает «незамкнутое» состояние антисейсмической опоры под действием веса объекта. При слабых сейсмических воздействиях или динамических нагрузках, например, метро неглубокого залегания, железнодорожный транспорт, антисейсмическая опора работает как обычный виброизолятор.

Зазор Δ определён из зависимости для определения кривой выпуклости резиновых пластин под действием заданной нагрузки.

Антисейсмическая опора работает следующим образом. Под действием вертикальной нагрузки верхнее основание 1 перемещается вниз выбирая зазор h между торцом свинцового сердечника 6. При приложении расчётной нагрузки зазор h уменьшается до величины h_1 . При этом внутренние и наружные боковые поверхности резиновых пластин 5 выпучиваются и тем самым выбирается зазор Δ между боковой поверхностью свинцового сердечника 6 и внутренними боковыми поверхностями резиновых пластин 5.

При слабых сейсмических воздействиях антисейсмическая опора работает как обычный виброизолятор за счёт наличия остаточного зазора h_1 в вертикальной плоскости и наличия полостей между боковой поверхностью свинцового сердечника 6 и внутренними боковыми поверхностями резиновых пластин 5 в горизонтальном направлении. Гашение колебаний осуществляется за счёт неупругих свойств резины. За счёт наличия остаточного зазора h_1 повышается эффективность сейсмоизоляции в вертикальном направлении.

При значительных сейсмических воздействиях как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях зазор h_1 полностью выбирается, происходят пластические деформации свинцового сердечника, чем обеспечивается дополнительное гашение колебаний объекта.

Экспериментальный (модельный) образец антисейсмической опоры – диаметр 100 мм, высота – 100 мм (4 слоя), диаметр свинцового сердечника – 30 мм – был изготовлен и испытан на вибростенде в Институте геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины. Лабораторные испытания на различных режимах нагружения подтвердили эффективность работы предлагаемой конструкции.

Предлагаемое изобретение может быть многократно повторено и быть использовано в качестве антисейсмической опоры для эффективной защиты объектов от колебаний природного и техногенного происхождения.

Анализ конструктивных особенностей сейсмоизоляции зданий показывает, что наиболее перспективным считается применение сейсмоизоляторов на основе резинометаллических конструкций. Это позволяет защитить здания при сейсмических воздействиях не только в горизонтальной и вертикальной плоскостях, но и от кручения. Считается [15], что именно кручение в сочетании с неблагоприятными факторами, в частности с вертикальной составляющей толчков, является основной причиной катастрофических разрушений при землетрясениях. Кроме того, применение резинометаллических слоистых виброизоляторов позволяет защитить здания и находящихся в них людей от воздействий метрополитена, автомобильного и железнодорожного транспорта.

В основу концепции виброзащиты положена полная отрезка защищаемой части здания от прямого контакта с вибрирующим основанием. Полная отрезка означает, что здание (его изолируемая часть) полностью отрезается так называемым «вибрационным швом» от незащищённой части (фундаментная плита в техподполье) таким образом, что все вертикальные и горизонтальные нагрузки на фундамент передаются через виброизоляторы. Как правило, в силу конструктивных особенностей зданий, разрезка зданий на защищённую и незащищённую часть выполняется в техническом подполье.

Существует три способа монтажа сейсмовиброизоляции зданий:

- устройство системы сейсмовиброизоляции перед постройкой здания;
- подведение элементов сейсмовиброизоляции в подготовленные для них ниши в фундаменте в процессе строительства – отсроченный монтаж;
- подведение элементов сейсмовиброизоляции в подготовленные для них места в фундаменте в уже построенных зданиях по специально разработанной технологии с последующей выверкой.

Рассмотрим системы сейсмоизоляции перед постройкой здания.

Данная система предусматривает выполнение комплекса следующих мероприятий:

- создание жёсткого основания для сейсмоопор, для чего в местах их установки возводятся фундаменты в виде кустов из трёх, четырёх свай с монолитными железобетонными столбчатыми ростверками;
- установка сейсмоопор и организация антисейсмического шва;
- создание поверх сейсмоопор жёсткой горизонтальной платформы, служащей основанием надземной части здания, образованной непрерывным опорным ростверком и монолитной плитой;
- реализация мероприятий по обеспечению сохранности сейсмоопор в процессе дальнейшего возведения здания;
- устройство «второй линии обороны» в виде пассивной сейсмозащиты, то есть частичное усиление виброизолированной части конструкции традиционными методами.

Отсроченный монтаж [16, 17] означает, что собственно виброзащита монтируется в любое время после окончания основных строительных работ, в частности, непосредственно перед сдачей здания в эксплуатацию. При отсроченном монтаже реализуется следующее:

- монтаж виброизоляторов выполняется в любое время после завершения основных строительно-монтажных работ по зданию, например, в период отделочных работ, что позволяет не прерывать процесс строительства на время укладки виброизоляторов, необходимое при выполнении работ по схеме обычного, неотсроченного монтажа;
- все виброизоляторы монтируются и эксплуатируются в отапливаемых помещениях, что обеспечивает их повышенную долговечность;
- система «отсроченного монтажа» позволяет учесть возможные изменения в проекте на завершающей стадии строительства в период эксплуатации, вплоть до изменения системы нагрузок и конструкции вышележащей части здания;
- в случае строительства здания вблизи перспективных линий метрополитена монтаж собственно виброизоляторов выполняется только после строительства метрополитена, что позволяет рационально спланировать затраты, относя их на отдельный период;

- при возникновении чрезвычайных ситуаций (пожар, взрыв) демонтаж и замена вышедшего из строя виброизолятора выполняются по той же схеме менее чем за час, без нарушения режима эксплуатации здания.

В процессе монтажа, состоящего из последовательного напряжения виброизоляторов и их фиксации в таком состоянии, виброизолированная часть здания отжимается всеми напряжёнными виброизоляторами, отрывается от фундаментной плиты и вывешивается на виброизоляторах. Установленные ранее опорные прокладки извлекаются, в результате чего образуется зазор, и здание становится сейсмоизолированным. Замена любого вышедшего из строя виброизолятора выполняется в порядке, обратном монтажу, и не нарушает режима эксплуатации здания в целом. В данном случае простота установки и замены виброопоры выгодно отличается от известного оригинального способа замораживания предварительно сжатого виброизолятора и его установкой в замороженном виде с последующей разморозкой и передачей на него усилия.

Рассмотрим сейсмоизоляцию зданий, сданных в эксплуатацию.

Следует отметить, что этот способ является наиболее трудоёмким, но для защиты архитектурных памятников, музеев, библиотек и т.п. вполне приемлем.

Суть способа заключается в том, что постепенно здание разрезается у основы и с помощью прокладок образуется зазор; в дальнейшем изготавливаются и монтируются опорные и упорные конструкции для сейсмоопор; после этого здание с помощью системы гидравлических цилиндров приподнимается, и устанавливаются сейсмоопоры.

Данная технология экономит затраты на строительство на 30–33 % за счёт меньшего использования металла и бетона по сравнению с традиционным способом укрепления здания. Кроме того, данная технология позволяет проводить работы по повышению сейсмостойкости здания без предварительной эвакуации жителей.

Таким образом, наиболее перспективными конструкциями сейсмоопор являются составные резиновые и слоистые резинометаллические элементы с дополнительным демпфированием, которые обеспечивают гашение колебаний здания в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также крутильных колебаний.

Анализ способов вибростейсмоизоляции зданий показал, что для вновь строящихся зданий предпочтительно использовать технологии отсроченного монтажа, а для эксплуатируемых зданий – с постепенной разрезкой здания у основания и последующим монтажом сейсмоопор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н. Термомеханика эластомерных элементов конструкций при циклическом нагружении [Текст] / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, В.Г. Карнауков, В.И. Козлов, И.К. Сенченков, А.В. Мазнецова. – Киев: Наук. думка, 1987. – 288 с.
2. Сенченков И.К. Справочные коэффициенты жёсткости призматических и цилиндрических виброизоляторов при сжатии и сдвиге [Текст] / И.К. Сенченков, А.Ю. Шевченко, А.В. Мазнецова // Вопр. динамики и прочности. – Рига: Зинатне, 1988. – Вып.48. – С. 23-28.
3. Сенченков И.К. Исследование напряжённо-деформированного состояния и расчёт жёсткости резинометаллических виброизоляторов при деформациях сдвига [Текст] / И.К. Сенченков, В.И. Дырда, В.Г. Савченко, О.П. Червинко, В.И. Бобырь, А.В. Мазнецова; Ин-т геотехнической механики. – Днепропетровск, 1987. – 12 с. – Деп. в ВИНТИ 29.05.89, №3543-1389.
4. Staudacher K. Protection for structures in extreme earthquakes: full base isolation (3-D) by the swiss seismo float system [Text] // Nuclear Engineering and Design. – 1985. – Vol. 84. – Pp.343-357.
5. Eidinger I.M. Seismic isolation for nuclear power plants: technical and nontechnical aspects in decision making [Text] / I.M. Eidinger, I.M. Kelly // Nuclear Engineering and Design. – 1985. – Vol.84 – Pp. 383-409.
6. Guerand R. Seismic isolation using sliding – elastomer bearing pads [Text] / R. Guerand, I.-P. Noel-Lerqux, M. Livolant // Nuclear engineering and Design. – 1985. – Vol. 84. – Pp.363-377.
7. Дырда В.И. Расчёт слоистых резинометаллических виброизоляторов [Текст] / В.И. Дырда, Г.Н. Голуб, А.В. Мазнецова, М.В. Мажаров; Ин-т геотехнической механики. – Днепропетровск, 1989. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ

- ТИ 22.11.89, № 6987-889.
8. Дырда В.И. Прочность и разрушение эластомерных конструкций в экстремальных условиях [Текст]. – Киев: Наук. думка, 1988. – 239 с.
 9. Бартенев Г.М. Прочность и разрушение высокоэластичных материалов [Текст] / Г.М. Бартенев, Ю.С. Зуев. – М.: Л.: Химия, 1964. – 387 с.
 10. Ярёмченко В.Г. Современные системы защиты зданий и сооружений от землетрясений [Текст]. – Общество «Знание» Украинской ССР. – Киев, 1990. – 19 с.
 11. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений [Текст]. – Обзор. – М.: ВНИИИС, 1987. – 66 с.
 12. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
 13. Землетрясения – уроки и проблемы [Текст] // Природа. – 1989. – №12. – С. 3-115.
 14. J.M. Eiginger, J.M. Kelly. Seismic isolation for nuclear power plants: technical and non technical aspects in decision making [Text] / Nuclear Engineering and Design. – 1985. – 84. – Pp.383-409.
 15. Поляков С.В. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений [Текст] / С.В. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989. – 320 с.
 16. Поляков С.В. Опыт возведения зданий с сейсмоизолирующим поясом в фундаменте [Текст] / С.В. Поляков, Л.Ш. Килимник, Л.Л. Солдатов. – М.: Стройиздат, 1983. – 32 с.
 17. А.с. №1557303 СССР, МКИ³ Е 04 Н 9/02. Сейсмостойкое здание [Текст] / Г.Б. Хачалов (СССР). – №4364983/23-33; заявл. 13.01.88; опубл. 15.04.90, Бюл. №14. – 3с.: ил.
 18. А.с. №1560718 СССР, МКИ³ Е 04 Н 9/02. Сейсмостойкое здание [Текст] / Г.Б. Хачалов, В.И. Самсонов (СССР). – №4374157/23-33; заявл. 04.02.88; опубл. 30.04.90, Бюл. №16. – 4с.: ил.
 19. А.с. №15007944 СССР, МКИ³ Е 04 Н 9/02. Сейсмостойкий каркас [Текст] / В.А. Лебедев (СССР). – №4333627/23-33; заявл. 30.10.87; опубл. 15.09.89, Бюл. №34. – 3с.: ил.
 20. А.с. №1470916 СССР, МКИ³ Е 04 Н 9/02. Многоэтажное сейсмостойкое здание [Текст] / Г.А. Алиев (СССР). – №4291782/29-33; заявл. 14.07.87; опубл. 07.04.89, Бюл. №13. – 4с.: ил.
 21. Поляков С.В. Расчёт и применение динамических гасителей колебаний для снижения сейсмической реакции зданий [Текст] / В.С. Поляков // Снижение материалоемкости и трудоёмкости сейсмостойкого строительства / Тез. докл. Всесоюзного совещания, Алма-Ата, окт. 1982. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 72-74.
 22. Дырда В.И. Рациональные параметры системы виброизоляции крупных грохотов [Текст] / В.И. Дырда, А.В. Коваль, Н.И. Лисица, А.Л. Колосов; Ин-т геотехнической механики АН Укр. 1993. – 10 с. Деп в ГНТБ Украины 26.08.93, №1798 – УК 93.
 23. Руководство по проектированию виброизоляции машин и оборудования [Текст]. – М.: Стройиздат, 1972. – 160 с.
 24. А.с. №1423717 СССР, МКИ³ Е 04 Н 9/02. Сейсмоизолирующее устройство [Текст] / Г.М. Азмайпарашвили (СССР). – №4019170/29-33; заявл. 23.12.85; опубл. 15.09.88, Бюл. №34. – 3с.: ил.
 25. А.с. №1794143 СССР, МКИ³ Е 02 Д 27/34. Антисейсмическая опора [Текст] / В.И. Дырда, В.В. Гриценко, А.В. Коваль, Н.И. Лисица, А.В. Мазнецова (СССР). – №4940886; заявл. 31.05.91; опубл. 07.02.93, Бюл. №5. – 3с.: 1 ил.
 26. А.с. №1744328 СССР, МКИ³ F 16 F 15/02. Сейсмостойкая опора [Текст] / В.И. Дырда, А.В. Коваль, Н.И. Лисица, В.В. Гриценко, (СССР). – №4876955/28; заявл. 06.08.90; опубл. 30.06.92, Бюл. №24. – 3с.: 1 ил.
 27. Шишков Ю.А. Сейсмостойкость объектов: причины разрушений, проблемы, надёжность [Текст] / Проектирование и строительство в Сибири. – 2003. – №5. – С. 58-66.
 28. А.с. №1161660 СССР, МКИ³ Е 02 Д 27/34. Способ установки виброизоляторов здания, сооружения [Текст] – №3517523/29-33; заявл. 03.12.82; опубл. 15.06.85, Бюл. №22. – 2с.: 2 ил.
 29. Дашевский М.А. Виброзащита многоэтажных крупнопанельных зданий [Текст] / М.А. Дашевский, В.В. Моторин, Е.М. Миронов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2001. – №4. – С. 47-50.

УДК 622.23:05459

Дырда В.И., Евенко С.Л., Маркелов А.Е., Хмель И.В.

РУДОИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫЕ БАРАБАНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ С РЕЗИНОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ

Розглядаються барабанні млини з гумовою захисною футерівкою з акцентацією уваги на динаміці взаємодії системи «футерівка – загрузка».

TUMBLING MILLS CRUSHING ORE WITH RUBBER LINING

Tumbling mills with rubber protective lining with accent of attention on dynamics of interaction of system «lining - charging» are considered.

Введение

В горно-металлургической промышленности для измельчения полезных ископаемых наибольшее распространение получили барабанные мельницы: шаровые, стержневые и бесшарового измельчения, так называемые мельницы само-