

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Разработаны технические решения, направленные на повышение сейсмостойкости зданий и сооружений с повышенной устойчивостью к воздействиям ветровых нагрузок и землетрясениям.

Ключевые слова: сейсмостойкое здание, междуэтажное перекрытие, базовая несущая плита перекрытия, виброизоляция.

R.A. Durnev, O.S. Kochetov

NEW DESIGNS OF ASEISMIC BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

The technical solutions directed on increase of seismic stability of buildings and constructions with the increased resistance to influences of wind loadings and earthquakes are developed.

Key words: the aseismic building, interfloor overlapping, the basic bearing overlapping plate, vibration insulation.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 сентября 2014 г.

Разработанные автором технические решения относятся к реконструкции, восстановлению или возведению усиленных сейсмостойких зданий и сооружений с повышенной устойчивостью к воздействиям ветровых нагрузок и землетрясениям за счёт размещения в них виброизолирующих опор, воспринимающих вертикальные нагрузки во время использования и горизонтальные нагрузки во время сейсмической активности без необратимых и критических разрушений или с минимальными деформациями, что повышает сейсмическую надёжность и безопасность здания или сооружения.

Сейсмостойкое здание (рис. 1) содержит виброизолированный фундамент (1), горизонтальные (3) и вертикальные (2) несущие конструкции с системой виброизоляции, внутренние перегородки (4), кровлю здания (5), а также дверные 6 и оконные 7 проёмы с усилением. На рис. 1 изображен общий вид сейсмостойкой конструкции здания, на рис. 2 – разрез междуэтажного перекрытия здания, на рис. 3 – схема виброизоляции цокольного этажа в основании здания, на рис. 4 – схема виброизоляции железобетонной плиты в основании здания, на рис. 5 – общий вид виброизолятора, рис. 6 – разрез А-А виброизолятора [1, 4, 5, 9-12].

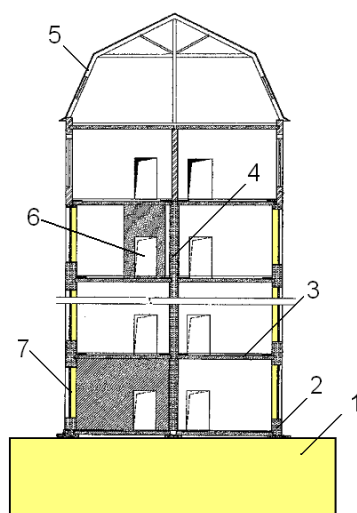


Рис. 1

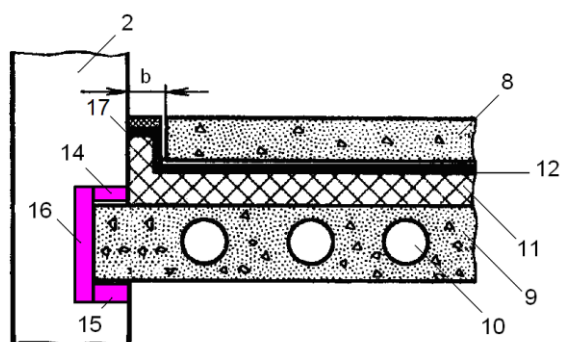


Рис. 2

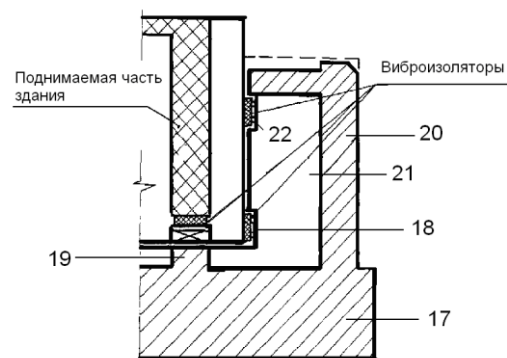


Рис. 3

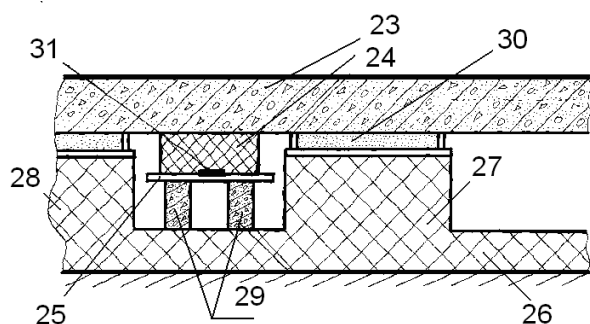


Рис. 4

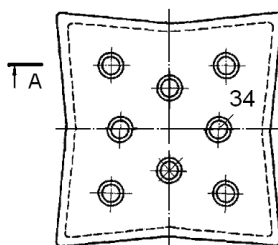


Рис. 5

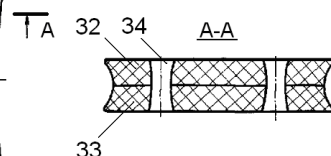


Рис. 6

Конструкция пола выполнена на упругом основании (рис. 2) и содержит установочную плиту (8), выполненную из армированного вибродемпфирующим материалом бетона, которая устанавливается на базовой плите (9) межэтажного перекрытия с полостями (10) через слой вибродемпфирующего материала (11) и гидроизоляционного материала (12) с зазором (13) относительно несущих стен (2) здания. Чтобы обеспечить эффективную виброизоляцию установочной плиты (8) по всем направлениям слой вибродемпфирующего и гидроизоляционного материалов выполнены с отбортовкой, плотно прилегающей к несущим конструкциям стен (2) и базовой несущей плите (9) перекрытия.

Для повышения эффективности виброизоляции и сейсмостойкости здания базовые несущие плиты (9) перекрытия (на рис. 2 показана плита (9) перекрытия только для одного этажа здания и с одной стороны несущих стен (2)) снабжены в местах их крепления к несущим стенам здания системой пространственной виброизоляции, состоящей из горизонтально расположенных виброизоляторов (14) и (15), воспринимающих вертикальные статические и динамические нагрузки, а также вертикально расположенных виброизоляторов (16), воспринимающих горизонтальные статические и динамические нагрузки.

Схема виброизоляторов, выполненных из эластомера, представлена на рис. 5, 6. Каждый из виброизоляторов (14), (15), (16) состоит из жёстко связанных между собой резиновых плит: верхней (32) и нижней (33) (рис. 5, 6), в которых выполнены сквозные отверстия (34), расположенные по поверхности виброизолятора в шахматном порядке. По форме виброизоляторы выполнены квадратными или прямоугольными, а их боковые грани могут быть выполнены в виде криволинейных поверхностей n -го порядка, обеспечивающие равночастотность системы виброизоляции в целом.

Отверстия (34) имеют в сечении форму, обеспечивающую равночастотность виброизолятора. Виброизоляция фундамента (17) с цокольным этажом (18) (рис. 3) осуществляется путём установки поднимаемой части здания на виброизоляторы (рис. 5, 6) с одновременной отрезкой его швами типа антисейсмических (на чертеже не показано) от соседних зданий и окружающего грунта.

Для защиты от вибраций вертикального направления виброизоляторы устанавливаются в ниши стен цокольного этажа (18) на участки ленточного фундамента (19). Каждый комплект системы виброизоляции состоит из металлической плиты, 4-х виброизоляторов (рис. 5, 6), 2-х листов наждачной бумаги для исключения возможности скольжения элементов фундамента и 2-х опорных железобетонных блоков (на чертеже не показано).

Для защиты здания от вибраций горизонтального направления, распространяющихся по грунту, устраивается система виброизоляции по вертикальным граням наружных стен (20) цокольного этажа (18) на уровне фундамента (17) и перекрытий (9) (рис. 2). С этой целью вокруг всего здания устраивается подпорная стенка, контрфорсы (21) которой соединяются с торцами несущих стен через виброизоляторы (рис. 5, 6), которые устанавливаются в нишах (22) контрфорсов (21). Конструкция виброизолированного здания имеет повышенную жёсткость.

Цокольный этаж здания выполнен в виде пространственной рамной конструкции из монолитного железобетона с включенными в раму перекрытием и перегородками (на чертеже не показано). Такая конструкция обеспечивает повышенную жёсткость здания, компенсирующую её снижение из-за опирания на виброизоляторы. С этой же целью усилены перемычки над дверными и иными проёмами (на чертеже не показано) так, чтобы жёсткость перегородок не изменилась, а фундамент (17) выполнен в виде ленточной перекрестной конструкции высотой порядка 50 см, выступающей над фундаментной плитой-стяжкой.

На рис. 4 представлена схема виброизоляции железобетонной плиты, состоящей из связанных между собой железобетонных балок (23) в основании здания, которая является вариантом виброзащиты без домкратов и включает в себя, по крайней мере, четыре резиновых виброизолятора (24) (рис. 5, 6), устанавливаемых между металлической плитой (25) и железобетонной балкой (23), расположенной в основании (26) здания, выполненного заодно целое с, по крайней мере, восемью ленточными фундаментными блоками (27) и (28), являющимися своеобразными "ловушками", а каждая из металлических плит (25) установлена на, по крайней мере, трех железобетонных столбах-упорах (29). Между каждыми ленточными фундаментными блоками (27) и (28) и каждой из железобетонных балок (23) устанавливаются песчаные подушки (30), а под резиновыми виброизоляторами (24) закреплены тензорезисторные датчики (31), контролирующие осадку виброизоляторов (24). Песчаные подушки (30) установлены в металлических разъемных обоймах.

Сейсмостойкая конструкция здания работает следующим образом.

В процессе возведения сейсмостойкого здания опалубка железобетонной монолитной стены опирается на песчаные подушки (30), заключенные в разборную металлическую обойму. После отвердения бетона и снятия опалубки между выступами – "ловушками" (27) и (28) устанавливается виброизолятор (24) в сборе. После того как бетон в балке (23) наберет достаточную прочность, металлическая обойма размыкается и песок из "подушки" извлекается, а балка (23) опирается на виброизолятор (24). В дальнейшем, по мере воздвижения здания, виброизолятор (24) сжимается. Демонтаж и замена виброизолятора (24) производятся с использованием домкратов (на чертеже не показано).

При монтаже системы виброзащиты здания указанным способом необходимо соблюдать следующие положения:

- виброизоляторы (24) должны быть смонтированы уже в начальной стадии строительства, в связи с чем они должны быть заранее изготовлены и испытаны;

- должна быть обеспечена сохранность виброизоляторов (23) и тензорезисторных датчиков (31) от воздействия неблагоприятных природных факторов в период строительства;

- высота песчаной подушки (39) определяется по расчёту, исходя из осадки виброизоляторов (24) под нагрузкой и с течением времени.

- для регулировки зазора между железобетонной балкой (23) и "ловушкой" на последней устанавливаются, по крайней мере, две съёмные металлические плиты толщиной по 1 см.

Швы, отделяющие подпорную стенку от здания и здание от соседних зданий, устроены по типу антисейсмических швов (на чертеже не показано) и тщательно расчищены от строительного мусора. Предусмотрена система их защиты (на чертеже не показано) от засорения во время эксплуатации здания для исключения путей проникновения вибраций в здание.

Все магистрали, трубопроводы и т.п. коммуникации, проходящие через фундамент в здание или установленное на нем оборудование, устроены с компенсаторами либо отрезаны от фундамента скользящими швами (на чертеже не показано). Места установки вентиляционного, электрического и т.п. оборудования в цокольном этаже выбраны из условия доступа к виброизоляторам (на чертеже не показано), их монтажа и демонтажа.

Взаимодействие звуковых волн с активными полостями, заполненными негорючим звукопоглотителем, приводит к шумоглушению в высокочастотном диапазоне, причем за счёт наличия полостей увеличивается поверхность звукопоглощения и, как следствие, повышается коэффициент звукопоглощения.

При установке виброактивного оборудования на плиту (8), происходит двухкаскадная виброзащита, за счёт вибродемпфирующих вкраплений в саму массу плиты (8), а также за счёт слоя вибродемпфирующего материала (11), в качестве которого могут быть использованы иглопробивные маты типа "Вибросил" на базе кремнеземного или алюмоборосиликатного волокна, материал из твердых вибродемпфирующих материалов, например, пластика, из звукоизоляционных плит на базе стеклянного штапельного волокна типа "Шумостоп" с плотностью материала, равной $60-80 \text{ кг/м}^3$.

Помимо создания сейсмостойких фундаментов зданий и сооружений, большое значение для безопасной эвакуации населения имеет создание технических решений, направленных на повышение сейсмостойкости кирпичных стеновых панелей [2, 3, 6-8].

Сейсмостойкая кирпичная стеновая панель (7) (рис. 8) выполнена из кирпичей (35) (рис. 7) с двумя отверстиями (36) по середине ширины и на одной четверти длины от торцов кирпича. На рис. 7 изображен кирпич (несущий элемент) в аксонометрии с двумя отверстиями; на рис. 8 – сейсмостойкая кирпичная стеновая панель, вид в плане, на рис. 9 – схема демпфирующего стержня кирпичной стеновой панели.

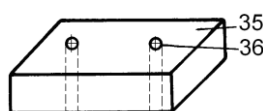


Рис. 7



Рис. 8

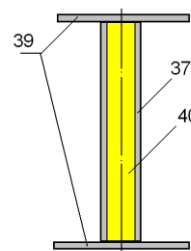


Рис. 9

Сейсмостойкое сооружение (рис. 1) содержит виброизолированный фундамент (1), горизонтальные (3) и вертикальные (2) несущие конструкции с системой виброизоляции, внутренние перегородки (4), кровлю здания (5), дверные (6) и оконные проёмы с усилением, а также облицовочную сейсмостойкую кирпичную панель (7), расположенную между колоннами.

В совмещенные отверстия (36) кирпичей (35) помещены демпфирующие (арматурные) стержни (37) (рис. 9), на торцах которых жёстко закреплены плоские упоры (39) по толщине, равные толщине растворного шва (38).

Каждый из демпфирующих (арматурных) стержней (37) представляет собой цилиндрический демпфирующий элемент, к концам которого жёстко присоединены (например, посредством сварки) плоские жёсткие упоры (39), а внутренняя полость заполнена слоем вибродемпфирующего материала, например песком, причем плотность вибродемпфирующего слоя должна быть меньше плотности внешней цилиндрической обечайки демпфирующего элемента. В случае, если плотности вибродемпфирующего слоя и внешней цилиндрической обечайки будут равны, то демпфирующий элемент (37) потеряет свойства гасить вибрации, что не допустимо.

Для повышения эффективности гашения ударных нагрузок и вибрации в каналах, предназначенных для размещения слоя строительного раствора (38), у торцов панели (и сбоку) размещают слои (41) вибродемпфирующего материала (конструктивно – П-образного типа), воспринимающие пространственную вибрацию (выполненные, например, из измельченных покрышек пневматиков (изношенных автопокрышек) на связке (резиновый клей, жидкое стекло, полимерное связующее)). После достижения запроектированной высоты панели для усадки слоев вибродемпфирующего материала (41) по времени, делают выдержку и приваривают последние жёсткие упоры (39). Оставшийся промежуток (щель) заделывают обычным способом.

Сейсмостойкое сооружение работает следующим образом.

Сейсмостойкая кирпичная стеновая панель (7) монтируется и осуществляет виброизоляцию следующим образом. На фундамент (на чертеже не показано) между колоннами наносят слой строительного раствора (38). На строительный раствор устанавливают в виде полос плоские жёсткие упоры (39) с приваренными к ним вертикально демпфирующими стержнями (37) длиной 1000 мм и диаметром, например, 16 мм, если диаметр отверстия (36) кирпича равен 20 мм, например на кирпиче размером 70×120×250 мм. Через каждые 8-10 рядов уложенных на растворе кирпичей (35) привариваются жёсткие упоры (39), а демпфирующие стержни (37) удлиняются с применением сварки. В целях экономии арматуры в каналах средней зоны может заливаться раствор с вибродемпфирующей крошкой из измельченных покрышек автомобильных шин (изношенных) для образования более жёстких зон.

Сейсмостойкая кирпичная стеновая панель в динамике обладает следующими особенностями.

Более короткие демпфирующие стержни (37) арматуры не являются волноводами механических колебаний, так как распространению колебаний препятствуют, во-первых, узлы сварки с жёсткими упорами (39), во-вторых, слои (40) вибродемпфирующего материала, расположенные в самих демпфирующих стержнях (37). При подходе волн механических колебаний к панели извне их встречает вибродемпфирующий материал в слоях (41), размещенных в каналах у торцов панели, и гасит, препятствуя их проникновению к средней зоне. Между слоем строительного раствора (38) и поверхностями жёстких упоров (39), а также кирпичами (35) происходит бесконечно убывающее отражение волн механических колебаний.

По сравнению с конструкцией прототипа, предлагаемая сейсмостойкая панель обладает следующими преимуществами: расширен диапазон гашения колебаний механических воздействий за счёт комплексных конструктивных особенностей – более коротких арматурных стержней (37) и наличия в их полостях (40) вибродемпфирующего материала, а также слоев (41) вибродемпфирующего материала (конструктивно – П-образного типа) и экономно размещённых по периметру панели.

Кроме того, возможна стыковка панелей сваркой выпусков плоских жёстких упоров (39).

Монтаж балок для полов осуществляется сваркой П-образных накладок на кирпич (на чертеже не показано), одновременно выполняющих функцию упоров (39), жёстко соединённых с арматурным стержнем (37). Стыковка панелей осуществляется сваркой выпусков плоских жёстких упоров (39) (на чертеже не показано).

Монтаж балок для полов, крепление трубопроводов, кабелей производится сваркой их креплений к П-образным поперечным накладкам на кирпич, одновременно выполняющим функцию жёстких упоров (39), жёстко соединённых с арматурным стержнем (37).

Сейсмостойкая панель может быть применена при строительстве кузовов транспортных средств путём использования кирпичей из легких и прочных материалов, дерева с пропиткой, пластмасс, синтетических смесей, микропористых материалов.

Литература

1. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю.* Сейсмостойкая конструкция здания // Заявка на изобретение № 2012102738. Опубликовано 10.08.2013. Бюллетень изобретений № 22.
2. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю.* Малошумное сейсмостойкое производственное здание // Заявка на изобретение № 2012102740. Опубликовано 10.10.13. Бюллетень изобретений № 28.
3. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю., Авгуцевич А.Х.* Способ повышения сейсмостойкости кирпичной стеновой панели // Заявка на изобретение № 2012104582. Опубликовано 20.08.2013. Бюллетень изобретений № 23.
4. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю.* Сейсмостойкое здание // Патент РФ на полезную модель № 120447. Опубликовано 20.09.2012. Бюллетень изобретений № 26.
5. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю., Авгуцевич А.Х.* Сейсмостойкое сооружение // Патент РФ на полезную модель № 123433. Опубликовано 27.12.2012. Бюллетень изобретений № 36.
6. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю., Авгуцевич А.Х.* Сейсмостойкая кирпичная стеновая панель // Патент РФ на полезную модель № 118331. Опубликовано 20.07.2012. Бюллетень изобретений № 20.
7. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю.* Малошумное сейсмостойкое производственное здание // Патент РФ на полезную модель № 129125. Опубликовано 20.06.2013. Бюллетень изобретений № 17.
8. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Иванова О.Ю.* Виброизолятор для фундаментов зданий, работающих в сейсмически опасных районах // Патент РФ на полезную модель № 129584. Опубликовано 27.06.2013. Бюллетень изобретений № 18.
9. *Аюбов Э.Н., Омельченко М.В., Кочетов О.С., Тараканов А.Ю., Скубак Н.Ю., Поляков И.А.* Сейсмостойкое сооружение // Патент РФ на полезную модель № 131036. Опубликовано 10.08.2013. Бюллетень изобретений № 22.
10. *Аюбов Э.Н., Омельченко М.В., Кочетов О.С., Тараканов А.Ю., Скубак Н.Ю., Поляков И.А.* Сейсмостойкое здание // Патент РФ на полезную модель № 131038. Опубликовано 10.08.2013. Бюллетень изобретений № 22.
11. *Маклаков А.С., Авгуцевич А.Х., Кочетов О.С., Тараканов А.Ю.* Сейсмостойкое сооружение // Патент РФ на полезную модель № 131037. Опубликовано 10.08.2013. Бюллетень изобретений № 22.
12. *Маклаков А.С., Авгуцевич А.Х., Кочетов О.С., Тараканов А.Ю.* Сейсмостойкое сооружение // Патент РФ на полезную модель № 133171. Опубликовано 10.10.2013. Бюллетень изобретений № 28.