

УДК 699.841

Ю.А. ШИШКОВ, главный конструктор,  
ООО «Новосибирский государственный проектный институт»

## Повышение сейсмостойкости зданий и сооружений с наклонными стенами подвалов

*Рассмотрены варианты сейсмозащиты объектов, обеспечиваемой совместно принятыми объемно-планировочными и конструктивными решениями с заменой традиционно вертикальных стен подвалов наклонными откосами с учетом рекомендуемых условий применения.*

*Показана возможность оптимального проектирования зданий с многоэтажными подземными пространствами, а также расширение области использования предлагаемых технических решений в различных инженерно-геологических условиях, включая вечномерзлые грунты.*

*Предусмотрено обеспечение максимального снижения материалоемкости и энергозатрат, стоимости и трудоемкости строительства за счет исключения подпорного давления на стены и снижения сейсмических воздействий на здания; повышения их надежности конструктивно за счет универсальности сейсмозащиты согласно рекомендуемым решениям, а также пожарной безопасности и ремонтпригодности; применения наружных колонн обтекаемых сечений в подвальной части, а также использования геосинтетических материалов в составе облицовки откосов для гидроизоляции и частичной сейсмозащиты. Как вариант имеется возможность включения в работу плит отмоксти в качестве гибких опор, повышающих устойчивость зданий (что особенно важно для многоэтажных объектов или построенных вообще без учета сейсмических требований и т. д.). Показано, что исключение необходимости выполнения монтажных проемов в стенах подвалов с целью подключения коммуникаций в любом месте очень важно при реконструкции, а также для объектов с «гибкой технологией». Принципиальное решение защищено авторским свидетельством, внедрено на практике.*

**Ключевые слова:** оптимальные проектные решения, гибкая технология, подвальные этажи, наклонные стены-откосы, снижение сейсмических воздействий, универсальность сейсмозащиты, надежность.

Обсуждаемое в технической литературе обеспечение сейсмозащиты объектов в проектных организациях никогда не решалось односторонне, в том числе и в настоящее время [1–2].

В первую очередь практически всегда принималось во внимание назначение объектов и предъявляемые к ним технологические требования, от которых, в свою очередь, зависели принятые объемно-планировочные и конструктивные решения. Прочность и надежность строительных конструкций, а также безопасность были безусловно учитываемыми факторами, в том числе в сложных инженерно-геологических условиях, при высоком уровне сейсмичности и т. д.

По проектам Новосибирского государственного проектного института (НГПИ) – крупнейшего за Уралом отраслевого проектного института оборонной промышленности за 50 лет построены сотни крупных объектов, в основном предприятий радиоэлектроники, а также других отраслей промышленности, почти во всех сейсмических районах страны, от Кишинева (Республика Молдова) до Петропавловска-на-Камчатке. За этот период произошли сильные землетрясения в Средней Азии, на Кавказе, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, в Молдавии и других регионах.

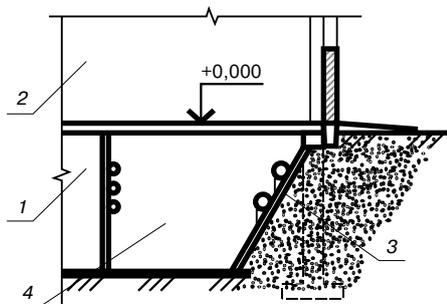
Необходимо отметить, что все объекты отрасли до декабря 1988 г. благополучно перенесли воздействие землетрясений, даже в Ташкенте в 1966 г. Во многих случаях с контрольной проверкой после землетрясений выезжали специалисты НГПИ. Официальная информация подтверждалась

обследованиями, что характеризует с положительной стороны уровень действующих в то время нормативных и других требований по обеспечению сейсмозащиты.

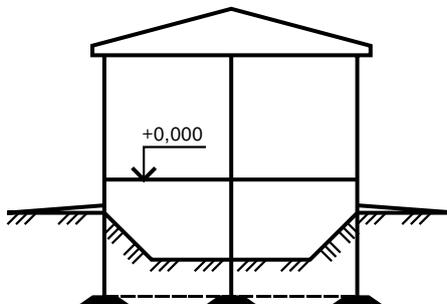
Большее значение при проектировании объектов имело применение оптимальных проектных решений, принимаемых конструктивно по соответствующим пособиям, указанным типовых серий и т. д. Например, симметричности зданий в плане, расстановке связей жесткости, этажности и других.

С целью оказания проектной помощи строительству и его контроля непосредственно в регионах создавались группы постоянного авторского надзора с привлечением в их составе местных специалистов, а также комплексные отделы и даже филиалы института в отдельных регионах. Необходимо подчеркнуть, что в тот период институт имел тесные творческие контакты по вопросам проектирования и обеспечению сейсмостойкости со многими научно-исследовательскими и ведущими территориальными проектными организациями союзных республик, а также Государственным СССР, что давало свои результаты.

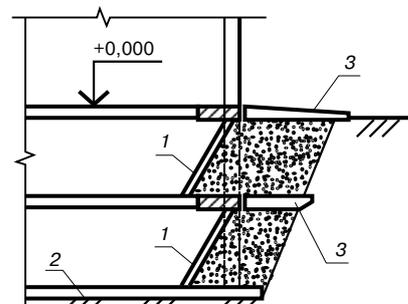
Переломным стало землетрясение в Армении 7 декабря 1988 г. Из пяти предприятий отрасли, запроектированных НГПИ только в Армении, четыре перенесли землетрясение благополучно, в том числе строящийся завод в Кироваване с административным корпусом повышенной этажности. При проектировании этого предприятия по инициативе НГПИ расчетная сейсмичность площадки с учетом гидрогеологических условий была повышена на 1 балл в сравне-



**Рис. 1.** Замена вертикальных стен подвала сейсмостойкого здания наклонными откосами: 1 – подвал; 2 – надземная часть; 3 – наклонные стены подвала; 4 – коммуникационный коридор



**Рис. 2.** Сейсмостойкое здание с неотпливаемым подпольем при строительстве в вечномёрзлых грунтах



**Рис. 3.** Сейсмостойкое здание с двухэтажным подвалом: 1 – наклонная стена подвала; 2 – монолитная плита; 3 – плиты-экраны (авторское свидетельство СССР № 1673722)

нии с нормируемой по СНИПу, что по результатам обследования реально повысило сейсмостойкость зданий, если не сказать больше – спасло их от обрушения.

Более сильным разрушениям подвергся строящийся завод в Ленинакане, в частности сборочный корпус предприятия. В подземной части этого здания размещался подвал гражданской обороны, который не подвергся каким-либо разрушениям, в то время как надземная каркасная часть его представляла собой обвал.

Причины разрушения объектов в Ленинакане, в том числе и надземной части сборочного корпуса, были изложены в журнале «Жилищное строительство» (Ю.А. Шишков. «Читая Ваш журнал (О причинах разрушения зданий в Ленинакане 7.12.1988 г.)» // Жилищное строительство. 1996. № 6. С. 26. Ю.А. Шишков. «О причинах разрушения зданий при землетрясениях от кручения» // Жилищное строительство. 1999. № 11. С. 26–28). Кроме того, по уточнению заказчика, по площадке в непосредственной близости от корпуса проходил старый сейсмический разлом (трещина по территории после землетрясения наблюдалась даже визуально).

Рассматривая в целом проблему сейсмостойкости зданий и сооружений, необходимо также подчеркнуть, что с конца 1980-х гг. одним из главных направлений проектирования и строительства предприятий отрасли стало применение одноэтажных (для завода «Алгоритм» в Ташкенте двухэтажных) корпусов из легких металлических конструкций (ЛМК) комплектной поставки, что обеспечило максимальное ускорение их строительства и сейсмозащиту в размере 9 баллов.

Заметим, что во всех сейсмических районах ни один объект отрасли, запроектированный из ЛМК с пространственными жесткими структурными покрытиями, не подвергся обрушению при землетрясениях в ходе длительной эксплуатации.

Снижение стоимости и максимального обеспечения при этом требования надежности – задача очень важная. Используем имеющийся опыт прошлых лет: рассмотрим одно из рекомендуемых решений, касающееся применения подвальных этажей зданий и сооружений, причем с учетом возможных вариантов, что позволит расширить область его использования.

Практика проектирования и строительства каркасных зданий, в том числе и в несейсмических районах, в случаях, когда полезные площади подвалов используются нерационально, показывает, что иногда с целью ускорения СМР и снижения материалоемкости целесообразна замена вертикальных наружных стен подвалов наклонными откосами.

При необходимости в составе облицовки откосов может быть предусмотрена надежная гидроизоляция. Такое решение наиболее эффективно при строительстве широких корпусов; наличии высоких подвалов, в местах перепада рельефа. С целью повышения надежности откосов в их составе может быть предусмотрено устройство экранов из геосинтетических материалов.

Имеются и другие преимущества. Например, возможность подключения коммуникаций практически в любом месте по контуру здания, что особенно важно для объектов с так называемой «гибкой технологией», а также при реконструкции; отпадает необходимость выполнения в стенах подвалов монтажных проемов.

На наклонных стенах могут быть размещены коммуникации, для обслуживания которых предусматриваются специально выгороженные коридоры.

Рассматриваемое решение особенно целесообразно для объектов, расположенных в сейсмических районах. Сейсмические волны при землетрясениях не встречают стен здания (так как они в виде наклонных откосов в этом случае специально шарнирно примыкают к перекрытиям, а также в уровне пола и выполняют роль «сдвигающихся» поверхностей), благодаря чему горизонтальные сейсмические нагрузки, действующие на стены, снижаются в 10–15 раз (авторское свидетельство СССР № 1673722. Сейсмостойкое здание или сооружение / Ю.А. Шишков, В.Д. Борисов и др. // Заявл. 18.12.89. Опубл. 30.08.91. Бюл. № 32).

Принципиальное техническое решение с заменой вертикальных стен подвала наклонными откосами поясняется схематическим чертежом (рис. 1).

При высоких подвалах в некоторых конкретных случаях целесообразно компромиссное решение, заключающееся в подрезке нижней зоны откоса устройством небольшой подпорной стенки (не показано), что позволяет увеличить при необходимости ширину коммуникационного коридора.

Конструкции здания работают следующим образом. Сейсмические волны при землетрясениях гасятся в грунте обратной засыпки и практически слабо или совсем не оказывают воздействия на колонны подвала, а следовательно, и на каркас здания-сооружения.

Их воздействие в качестве горизонтальных нагрузок значительно снижается, причем этот результат имеет место при любом угле наклона подхода сейсмических волн к боковой поверхности подвальной части зданий.

Сейсмические волны как бы проходят через подвальные этажи здания, воздействуя только на перекрытия и на-

ружные колонны, грузовая площадь которых на фронте волны при пролетах 6 м составляет ориентировочно 1/10 и при пролетах 9 м – 1/15 от площади стен в этих пролетах (ширина колонны принята с запасом условно размером 0,6 м).

Кроме того, с целью повышения надежности колонны наружных рядов, как правило, рекомендуется конструктивно принять круглыми (обтекаемыми) в сечении. Колонны подвала можно принять и традиционно квадратного или прямоугольного сечений. В этом случае при смонтированном каркасе оптимальность решений может быть обеспечена устройством защитных оболочек вокруг колонн, например из двух железобетонных или металлических полуколец, соединенных в трубу в виде отдельных по высоте звеньев, расположенных снаружи с зазором между колоннами по их периметру.

Благодаря универсальности изложенного решения сейсмозащиты целесообразность его использования очевидна, а эффективность проверена на практике, например при осуществлении строительства производственного корпуса Казахского радиотехнического завода в Алма-Ате, построенного более 20 лет тому назад, в 1991 г. Еще ранее оно использовалось в проектах НГПИ для объектов в несейсмических районах.

Решение подвальных помещений с наклонными откосами может быть использовано и в других условиях, например при строительстве на вечномерзлых грунтах. Вместо открытых проветриваемых продухов, рекомендованных СНиП 2.02.04–88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», предлагается более оптимальное и надежное в эксплуатации решение с устройством закрытых техподполий, подвалов (или цокольных этажей), что из архитектурных соображений также является более приемлемым при строительстве в городах и других населенных пунктах. Такие варианты в принципе также предусматриваются с ограничениями и рекомендациями согласно СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция» СНиП 2.02.04–88.

Эскиз принципиального проектного решения сейсмостойкого здания с неотапливаемым (холодным) техническим подпольем, подвалом (или цокольным этажом) под надземной частью при строительстве на вечномерзлых грунтах показан на рис. 2.

Техническое решение фундамента и каркаса здания практически полностью аналогично рис. 1. Отличие состоит в том, что в цокольной части здания по его периметру предусмотрены проемы, открываемые при отрицательной температуре наружного воздуха и, наоборот, закрываемые заглушками при положительных температурах.

Следует отметить, что после землетрясения в 2003 г. в Горном Алтае успешно выполнены малозаглубленные сейсмостойкие ленточные фундаменты с распорками зданий школ при строительстве на вечномерзлых грунтах, например в Бельтире и Ортолыке. Применение в дальнейшем фундаментов этого типа для других объектов совместно с вариантом техподполий (вместо открытого проветриваемого пространства под зданием) является более надежным при эксплуатации с учетом требований пожарной безопасности, обеспечения свободного доступа к коммуникациям и их ремонту, а также существенного снижения теплопотерь малозэтажных зданий за счет регулирования температуры воздуха в техподполье, что немаловажно.

Подвалы и цокольные этажи зданий в зависимости от глубины залегания вечномерзлых грунтов могут быть

и отапливаемыми при условии сохранения грунтов от их оттаивания (или промерзания), для чего под полом подвала, а также по контуру стен с его внутренней стороны можно предусмотреть утепление. Причем устройство под фундаментами сейсмоизолированных оснований из противупучинистых материалов (гравия, щебня, песка) может исключить необходимость утепления полов, а также оснований фундаментов.

Вариант принципиального решения, например двухэтажного подвала сейсмостойкого здания с включением в работу плит экранов в уровне отмостки и перекрытия, показан на рис. 3.

Решение наружных стен подвала в виде наклонных откосов аналогично принятым по рис. 1 для одноэтажного здания. В качестве варианта отмостка выполнена в виде плит-экранов, шарнирно соединенных с перекрытием. Фундаменты, перекрытия и колонны, а также плиты-экраны подвальных этажей показаны схематично.

Для ограничения возможных перемещений отмостки плиты выполнены с упором (не показано). Зазор между перекрытием и плитой-экраном заполнен демпфирующими прокладками из сжимаемого материала, выполняющими роль демпфера. Возможно применение различных материалов на отдельных участках плиты-экрана, что обеспечивает гашение резонансных сейсмических колебаний.

Аналогичные решения при устройстве подвалов многоэтажных зданий и сооружений повышенной сейсмостойкости возможны (Ю.А. Шишков. «Технические решения фундаментов и подвалов зданий повышенной сейсмостойкости» // Известия вузов. 1998. № 10. С. 138–141):

- при конкретном проектировании рассмотренные решения нельзя понимать как обязательную рекомендацию применения всего комплекса их один к одному. Опытные проектировщики выберут из него необходимые решения, дополнив известными другими с учетом целесообразности. Например, в одних случаях достаточным окажется использование основной идеи – наклонного откоса, в других – плит-экранов отмостки, в третьих – обоих приемов в различных вариантах и т. д.;
- необходимо возродить практику экспериментального строительства объектов. С этой целью, учитывая выборочную эффективность их сейсмозащиты на построенных объектах;
- изложенные в статье решения являются простыми, понятными и доступными при любом технологическом уровне строительства. Проектирование объектов может осуществляться с привлечением также любой квалифицированной проектной организации, располагающей соответствующим опытом.

#### Список литературы

1. *Айзенберг Я.М.* Сейсмоизоляция. Теория и реальное поведение при землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006. № 4. С. 28–33.
2. *Смирнов С.Б.* Формы сейсмических разрушений зданий как надежный источник информации о реальном разрушительном волновом импульсном воздействии // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 39–41.