

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Смирнов В. И., Акбиев Р. Т., кандидаты. техн. наук,
Чубаков М. Ж., инженер
(ЦНИИП градостроительства РААСН, Москва)

СЕЙСМОУСИЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА В Г. ГРОЗНОМ*

Здание Государственного концертного зала (далее ГКЗ) возводилось в 1952-1958 гг. ГКЗ расположен в центральной части г. Грозного на территории Ленинского района Чеченской Республики. Район бывшей многоэтажной застройки, дважды в 1994-96 и 2000 гг. подвергался артиллерийским и бомбовым ударам. Здание получило множественные повреждения. Общие виды объекта показаны на рис. 1.

1. Архитектурно-планировочное и конструктивное решение здания

Архитектурно-планировочное решение. Здание ГКЗ 1-4-этажное, кирпичное,

в плане имеет форму прямоугольника и состоит из двух блоков разделенных антисейсмическим швом: 1 блок — зрительная часть; 2 блок — сценическая часть. Размеры зрительной части в плане (в осях) 47,6×66,4 м. Размеры сценической части в плане (в осях): 47,6×29,4 м. Площадь застройки: всего здания — 5359 м²; сценической части — 1438 м².

Сценическая часть состоит из разнородных объемов, которые, условно, можно разделить на 2 основных: сценическая коробка; вспомогательные помещения.

Сценическая коробка размерами 17,4×14,4 м. Вспомогательные помещения

1-4-этажные включают: вестибюль, гардероб, кладовые, артистические, склад декораций, гримерные, холлы, репетиционный зал, мастерская, коридоры. Под всей сценической частью, кроме сценической коробки, предусмотрен подвал на отметке — 6,300 м (за отметку ± 0.000 принят пол 2-го этажа). Конек кровли сценической коробки на отметке 26,33 м. Высота наружных несущих стен сценической коробки составляет 25,5 м, свободная длина стен — 13,89-16,89 м. В центре сценической коробки расположена круглая вращающаяся сцена.

На отметке — 6.300 м расположены



Рис.1. Здание Государственного концертного зала после военных действий в г. Грозном

* «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 03-2009. С. 55

помещения двухсветовой столярной мастерской. Перекрытие — монолитное ребристое. Свободная длина стен 20,8 м. Такое же решение имеет склад декораций на отметке ±0,000: перекрытие — монолитное ребристое, свободная длина стен составляет 6,12-11,92 м.

Вход в подвал и в помещения сценической части осуществляется со стороны фасада. Выход на крышу вспомогательных помещений предусмотрен с двух лестничных клеток со стороны зрительной части, отделенных от сценической части антисейсмическим швом. Выход на крышу сценической коробки и на смотровые площадки предусмотрен с металлических лестниц, расположенных в овално-консольной части.

Козырек входа в подвал со стороны фасада не связан со зданием и выполнен в виде пространственного сооружения.

Здание ГКЗ было запроектировано для расчетной сейсмичности площадки 7 баллов, согласно действующего в то время СНиП II-A. 12-69 «Строительство в сейсмических районах» [1].

Группа капитальности здания — I. Степень ответственности — I (повышенный) по СНиП 2.01.07-85*.

Конструктивное решение. Несущая система здания — перекрестно-стеновая, устойчивость которой обеспечивается за счет совместной работы внутренних и наружных несущих стен и диска перекрытий.

Фундаменты — ленточные из монолитного бетона класса В10. Бетон фундаментных подушек — В5-В10. Толщина подушек колеблется от 100 до 500 мм.

Перекрытия — комбинированные: монолитное ребристое, монолитное, деревянное по металлическим балкам и из сборных круглопустотных плит трех типоразмеров: 0,8 м, 1 м, 1,2 м.

Перекрытие подвала и 1-го этажа комбинированные: монолитное ребристое, из сборных круглопустотных плит и деревянное по металлическим балкам. Пустотные плиты не имеют боковой шпунтовой поверхности. **Покрытие** — монолитное ребристое.

Покрытие сценической коробки — монолитное ребристое по металлическим фермам. Фермы связаны с системой поперечных стальных балок из двутавра № 24.

Наружные стены сценической части — бетонные с отм. — 6.300 до отм. — 3.000 толщиной 510-640 мм; выше — стены из обыкновенного глиняного кирпича марки М100 на растворе М50, толщиной

510 мм. Бетонные стены не связаны с кирпичными.

Внутренние стены на отм. — 6.300 комбинированные: бетонные толщиной 640-510 мм; кирпичные — 380 мм. На остальных отметках все стены выполнены из кирпича.

Кирпичные стены сценической коробки армированы горизонтальными сетками с шагом 50-60 см, остальные стены выполнены без армирования.

Внутренние перегородки выполнены из обыкновенного глиняного кирпича марки М100 на растворе М50, толщиной 120 мм.

Сейсмопояса — имеются в стенах во всех уровнях перекрытий начиная с отм. — 3,00. Армирование сейсмопоясов на отм. — 3,00 и 0,00, в основном, арматура АI Ø8 и Ø10. Выше все сейсмопояса армированы поперечной арматурой Ø10-14 класса АII. Каркасы сейсмопоясов вязанные, поперечная арматура Ø8 АI шаг 200-300 мм. Бетон сейсмопоясов В10-В20.

Кровля — рулонная из 4-х слоев рубероида.

2. Проведение комплексного технического обследования строительных конструкций и основания здания

2.1. Инженерно-геологические условия участка

В геоморфологическом отношении участок приурочен ко 2-ой надпойменной террасе левого берега реки Сунжа. В геолого-литологическом строении участка изысканий принимают участие аллювиальные отложения верхнехвалынской террасы реки Сунжа, перекрытые сверху чехлом лессовидных суглинков и супесей делювиально-пролювиального генезиса и техногенными грунтами.

Насыпной слой слежавшийся, неоднородный, характеризуется своеобразным техногенным микрорельефом, с разрушенными конструкциями зрительной части здания, отвалами строительного мусора и складированными строительными материалами. Мощность слоя составляет 0,8-2,1 м.

Подстилающий слой — галечниковые грунты, вскрыты в интервалах глубин от 3,8-4,4 м до 10,0 м. Галечниковые грунты осадочных пород, плоско окатанной формы, плотного сложения, с включениями валунов небольших размеров, заполнитель — песчаный, маловажный — влажный. Вскрытая мощность слоя 5,6-6,2 м.

При бурении скважин до глубины 10 м грунтовые воды не были вскрыты.

Глубина сезонного промерзания грунтов составляет 0,61 м.

По степени сложности инженерно-геологические условия площадки оцениваются как средние (I категория по сейсмическим свойствам).

Сейсмичность площадки строительства по результатам инженерно-геологических изысканий составляет 8 баллов.

2.2. Обследования строительных конструкций здания

Реконструкция здания ГКЗ, серьезно поврежденного во время боевых действий, с повышением сейсмостойкости здания была проведена с учетом изменений сейсмогеологической обстановки на площадке строительства, введением в действие новых карт общего сейсмического районирования (ОСР-97) [2], внесением изменений в действующие нормативные документы и обеспечением требований к безопасности объекта.

Для разработки мероприятий по сейсмоусилению здания были проведены обмерные и инженерно-обследовательские работы строительных конструкций с установлением фактических объемно-планировочных и конструктивных характеристик здания (рис. 2).

Были учтены следующие факторы:

1) возможные отклонения фактических характеристик и параметров здания от проектных величин, наличие дефектов и повреждений;

2) предполагаемое изменение гидрогеологических и геофизических характеристик основания за счет техногенных процессов и оценка их влияния на техническое состояние конструкций и элементов здания;

3) изменение характеристик технического состояния объекта — физического износа (старение) от воздействия внешних факторов.

2.3 Анализ результатов обследования и выводы

Анализ результатов детального исследования проектной, исполнительной документации, а также оснований, фундаментов и технического состояния несущих конструкций здания, проведенного путем визуального обследования, инструментальных измерений фактической прочности составляющих элементов здания ГКЗ позволяет сделать следующие выводы.

1. Грунты основания представлены гравийно-галечниковыми отложениями с песчано-глинистым заполнителем $\rho=1,805 \text{ кН/м}^3$, $\varphi=39,69^\circ$, $E=38,16 \text{ МПа}$, $C=0,82 \text{ кПа}$, влажность — 3,4%.

2. По сейсмическим свойствам грунты



Рис.2. Натурные обследования конструкций здания ГКЗ

основания в пределах сжимаемой толщи относятся, преимущественно, ко второй категории.

3. По сейсмической активности площадка с учетом геолого-литологического строения, гидрогеологических условий, сейсмических свойств характеризуется сейсмичностью 8 баллов.

4. По совокупности инженерно-геологических процессов, определяющими из которых является сейсмичность, категория сложности инженерно-геологических условий исходя из требований нормативных документов, оценивается как сложная.

5. В уровне подвала здания выявлено увлажнение конструкций за счет попадания атмосферных осадков. Эти процессы связаны с отсутствием благоустройства территории, отсутствием системы организованного водостока. В связи с чем, наблюдается замачивание несущих конструкций подвала и помещений за счет активного попадания влаги (воды).

6. Монолитные ленточные фундаменты выполнены без армирования, в подушках бетон рыхлый, слабый. Состояние фундаментов оценивается как неудовлет-

ворительное, т.е. выявленные дефекты и отклонения не соответствуют нормативным требованиям.

7. В наземной части здания, при исследовании прочностных характеристик составляющих материалов и элементов, техническом обследовании их состояния были выявлены следующие отклонения, нарушения и дефекты, влияющие на прочностные и деформативные характеристики конструкций:

- нарушение параметров конструктивного армирования (отсутствие сеток и анкеровки) кладки стен;
- несоответствие в части конструкций защитного слоя бетона требованиям норм;
- отдельные выбоины, ржавые потеки около выбоин, следы протечек с загрязнениями и выщелачиванием;
- массовые отслоения штукатурного слоя, повреждение основания.

8. Оценка коррозионного состояния металлических закладных деталей, анкеров и арматуры соединений показала, что все элементы находятся в удовлетворительном состоянии, хотя и требует некоторого усиления, а также восстановления защитного слоя.

9. Конструкциям покрытий и перекрытий требуется усиление.

10. Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о существенном снижении несущей способности основных конструкций.

При этом совершенно очевидно, что здание имеет значительный дефицит надежности. Это связано с нижеследующим.

11. Базовый проект был запроектирован без учета антисейсмических мероприятий, исходя из 7-ти балльной сейсмичности площадки. В результате уточнения сейсмогеологических условий сейсмичность площадки строительства здания составляет 8 баллов. Таким образом, расчетные нагрузки на здание будут превышать проектные в 2 раза, учитывая серьезные повреждения конструкций в результате военных действий возможно увеличение нагрузок и в 4 раза.

12. Серьезным отклонением от требований СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» является отклонение по пункту 3.1 — в здании принято неблагоприятное архитектурно-планировочное решение — смежные участки здания

имеют перепады высот более 5 м и не разделены антисейсмическими швами.

13. Проведенное обследование стен показало:

— категория кирпичной кладки не соответствует п. 3.39 СНиП II-7-81*;

— сейсмопояса должны устраиваться непрерывными по контуру стен. Однако сейсмопояс на отм. +3.000 обрывается, не доходя до стойки железобетонной рамы;

— для сейсмических районов регламентируется минимальная ширина простенков в здании. Фактически, большинство простенков имеют отклонения от нормируемых величин на 20-300% от требований по п. 3.43 СНиП II-7-81*;

— стены без требуемого армирования тела кладки и мест сопряжений стальными сетками п. 3.46 СНиП II-7-81* и не смогут воспринять действующие сейсмические нагрузки. При сейсмичности площадки строительства 8 баллов в сопряжениях стен в кладку необходимо укладывать арматурные сетки, длиной 1.5 м, через каждые 700 мм, общей площадью продольной арматуры не менее 1 см²;

— высота стен сценической коробки составляет 25 м, в то время как требуемая высота для армированных кирпичных стен, при расчетной сейсмичности 8 баллов, ограничивается 5 м, по п. 3.41 СНиП II-7-81*.

14. Значительное количество конструкций, элементов и узлов соединений здания подлежит сейсмоусилению.

15. Выбор оптимального способа комплексного усиления должен быть определен на основе экспертных оценок путем проведения соответствующего технико-экономического обоснования.

3. Применение сейсмоизоляции для повышений сейсмостойкости здания ГКЗ

До настоящего времени в России при реконструкции, усилении или восстановлении зданий используются традиционные методы: торкретирование по металлической сетке с одной или двух сторон сплошных стен, с проемами и простенки; устройство металлических обоев; применение напрягаемых вертикальных и горизонтальных металлических жестких и гибких поясов; введение в кирпичную кладку стен и простенков железобетонных или металлических элементов усиления; устройство специальных связей (анкеров, шпонок) воспринимающих сдвиг, растяжение и кручение; инъектирование эпоксидными клеями, цементными

и полимеррастворами; введение дополнительных жесткостей в виде стен, диафрагм, рам и т. п.

Существующее здание ГКЗ после перенесенных военных действий по своим объемно-планировочным и конструктивным решениям, примененным строительным материалам, не соответствовало современным антисейсмическим требованиям и подлежало реконструкции и сейсмоусилению. Сейсмоусиление такого здания представляло сложную техническую задачу [3-5].

Площадка расположена в зоне, характеризующейся высокой сейсмической опасностью. В соответствии с инженерно-геологическими изысканиями сейсмичность площадки строительства установлена 8 баллов.

В письме Госстроя России № АШ-1382/9 от 23.03.2001 даны рекомендации о порядке применения карт А, В и С из набора ОСР-97, опубликованных в приложениях к СНиП II-7-81*. Согласно Приложению к письму АШ-1382/9 от 23.03.2001 рекомендуется при проектировании зданий концертных залов с большим скоплением людей использовать карту ОСР-97В. В соответствии с приложением списка населенных пунктов к СНиП II-7-81* по карте В расчетную сейсмичность для площадки строительства ГКЗ необходимо принять 9 баллов.

Было предложено три варианта сейсмозащиты:

— торкретирование по металлическим сеткам, введение дополнительных монолитных железобетонных диафрагм жесткости, разделение здания антисейсмическими швами на два отсека;

— усиление существующих несущих конструкций путем создания в горизонтальных сечениях кладки предварительного сжимающего напряжения, способствующего восприятию вызванных сейсмической нагрузкой скальвающих, главных растягивающих напряжений и нормальных растягивающих напряжений от изгиба;

— устройство в фундаментной части здания резинометаллических сейсмоизолирующих опор и восстановление разрушенных конструкций.

На основе технико-экономического сравнения вариантов принят третий метод сейсмоусиления здания ГКЗ: применить инновационный способ сейсмозащиты зданий — сейсмическую изоляцию. Устроить в нижней части зданий сейсмоизолирующие устройства, которые сни-

зят инерционные сейсмические нагрузки на здание за счет значительного увеличения собственного периода колебаний здания и повышенного демпфирования системы сейсмозащиты. Другим способом сейсмоусиления со снижением сейсмических нагрузок на здание в 4 раза, т. е. до начальной расчетной сейсмостойкости здания, соответствующей 7 баллам, не представлялось возможным.

3.1. Описание системы сейсмоизоляции

В зданиях и сооружениях используются три типа сейсмоизолирующих опор: резинометаллические опоры с дополнительными демпферами, резинометаллические опоры с повышенным демпфированием и резинометаллические опоры со свинцовыми сердечниками.

Резинометаллические опоры изготавливают из высококачественной резины и стальных пластин со связующим веществом по технологии, включающей внутреннюю натуральную резину, наружную хлоропреновую резину и добавки. Сталь используется в резинометаллической опоре в виде: внутренних пластин, фланцевых пластин и соединительных пластин. Соединительные пластины каждой резинометаллической опоры покрыты эпоксидной смолой (антикоррозийная защита).

Резинометаллическая опора со свинцовым сердечником включает в себя три функции: восприятие вертикальной нагрузки, горизонтальную податливость и гистерезисное затухание.

Сейсмоизоляторы выпускаются со стандартными параметрами для вертикальной нагрузки от 280 кН (28 тс) до 20000 кН (2000 тс). Опоры выбирают из каталога в соответствии с техническим заданием заказчика проекта, исходя из конкретных условий размещения сейсмоизолятора на фундаменте, несущих конструкций и других особенностей здания.

Резинометаллическая сейсмоизолирующая опора представляет собой слоистую конструкцию:

1) верхняя и нижняя соединительная пластины (толщиной 10-40 мм) необходимы для крепления к фундаменту и надпорным конструкциям;

2) фланцевые пластины толщиной 10-20 мм необходимы для крепления к соединительным пластинам;

3) чередующиеся слои резины толщиной 3-12 мм и стальных пластин (толщиной 1.5-6 мм); количество слоев резины

Таблица 1.

Технические характеристики сейсмоопор

№ п/п	Наименование технической характеристики	Параметры технической характеристики	
		GZY400V5A	GZY500V5A
1	Диаметр	420 мм	510 мм
2	Высота	132,5 мм	164,0 мм
3	Общий вес	127,4 кг	208,2 кг

может быть от 20 до 45, количество стальных пластин от 19 до 44;

4) свинцовый сердечник является дополнительным демпфирующим элементом.

В здании ГКЗ применены резинометаллические сейсмоизолирующие опоры китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)».

3.2. Устройство системы сейсмозащиты

Систему сейсмоизоляции в зданиях принята в виде резинометаллических опор со свинцовыми сердечниками (РМО). РМО разместили между фундаментом и надземной частью здания. РМО обладают высокой горизонтальной податливостью, допускающей большие горизонтальные перемещения грунта, без каких-либо повреждений.

Сейсмоизоляция предусмотрена с целью снижения сейсмических нагрузок на надземные и подземные конструкции здания, имеющего сложные объемно-планировочные решения, не отвечающие требованиям СНиП II-7-81*.

Сейсмозащита здания осуществляется путем устройства надземной части на резинометаллические сейсмоизолирующие опоры и отделения надземных конструкций от подземных горизонтальным антисейсмическим швом.

По сейсмоопорам устраиваются монолитные железобетонные перекрестные балки, служащие жесткой платформой для надземных конструкций.

Резинометаллические изоляторы установили для снижения горизонтальных сейсмических нагрузок на надфундаментные конструкции здания при помощи создания податливого соединения между надфундаментными конструкциями и непосредственно фундаментом и обеспечения демпфирующей способности сейсмоизолирующей опоры. Эти мероприятия направлены на увеличение периода собственных колебаний здания и снижение передачи энергии землетрясения и движения грунта к надфундаментным конструкциям.

Проектные данные системы сейсмоизоляции. Вес здания — 17205 кН. Общее количество резинометаллических сейсмоизолирующих опор: а) 98 штук

— тип GZY400V5A; б) 21 штука — тип GZY500V5A.

Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане здания приведена на рис. 3. Технические характеристики сейсмоизолирующих опор приведены в табл. 1. Поперечное сечение с размерами резинометаллической опоры со свинцовым сердечником приведено на рис. 4а. Механические характеристики сейсмоизолирующих опор приведены в табл. 2.

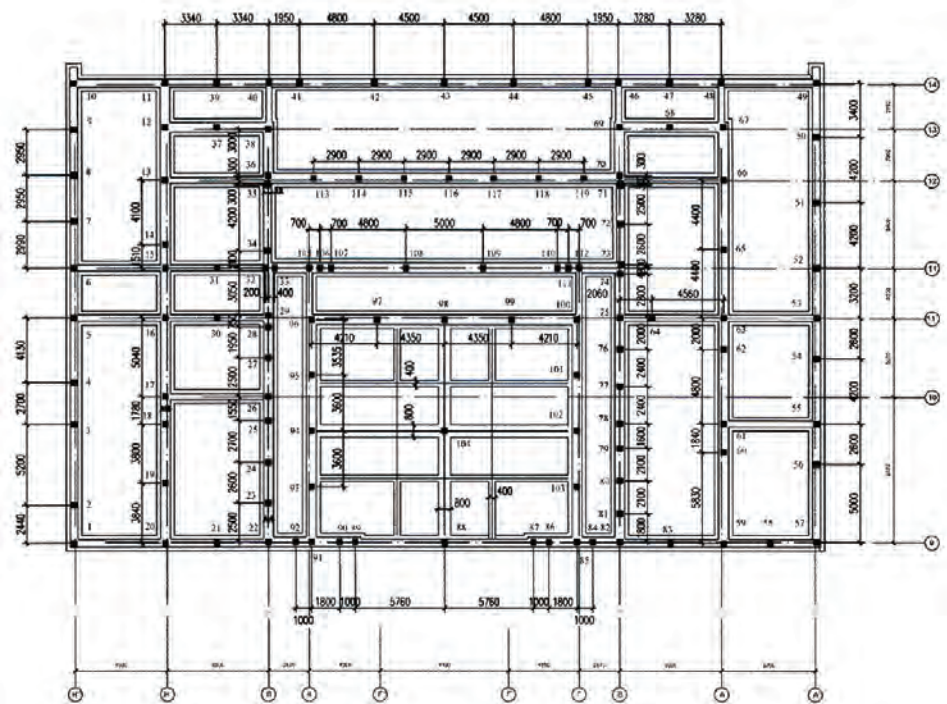
Толщина горизонтального антисейсмического шва, отделяющего надземную часть здания от подземной, должна составлять 194,0 мм и 162,5 мм (в зависимости от высоты опоры).

Крепление опор. Соединительные пластины, присоединяющие опоры к надпорным конструкциям и фундаментам должны быть присоединены к фланцевым пластинам. Соединительная пластина приведена на рис. 4б.

Расчет здания на сейсмическое воз-

действие. Расчет здания ГКЗ с сейсмоизолирующими резинометаллическими опорами со свинцовыми сердечниками выполнен на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмического воздействия по линейно-спектральному методу и на записях акселерограмм землетрясений во времени.

При расчете здания конструктивная система принята в виде пространственной модели, состоящей из диафрагм жесткости, колонн и перекрытий, которые представлены в виде совокупности оболочечных (плоских) и стержневых конечных элементов, соединенных между собой в узловых точках. Расчет производился с учетом взаимодействия конструкций надземной, подземной частей здания и основания. Расчет проверена устойчивость формы конструктивной системы, определены горизонтальные перемещения верха здания, ускорения колебаний перекрытий верхних этажей от пульсаци-



■ — Сейсмоопоры (GZY400V5A, GZY500V5A)

Рис.3. Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане здания

Таблица 2.

Механические характеристики сейсмоопор

№ п/п	Наименование	Параметры		Допустимая погрешность
		GZY400V5A	GZY500V5A	
1	Расчетная нагрузка на сжатие	1800 кН	2800 кН	±20 %
2	Расчетное горизонтальное перемещение	69 мм	93 мм	
3	Расчетное максимальное горизонтальное перемещение	206 мм	275 мм	
4	Горизонтальная жесткость	1.66 кН/мм	1.92 кН/мм	
5	Вертикальная жесткость	1890 кН/мм	2140 кН/мм	
6	Эквивалентное вязкое затухание	0.25	0.25	

онной составляющей ветровой нагрузки, а также прогибы перекрытий и усилия в несущих элементах конструктивной системы.

3.3. Монтаж сейсмоизолирующих резинометаллических опор

Схема процесса установки резинометаллической опоры. После окончания подготовительных строительных работ в фундаментной части здания были установлены опоры. Схема процесса следующая.

3.4. Технология устройства сейсмоизоляции при реконструкции здания

К производству нижеописанных работ приступили после выполнения и приемки всех работ по устранению дефектов и повреждений несущих конструкций здания, отмеченных в материалах обследования.

На весь период производства работ по замене фундаментов и устройству сейсмоизоляции было организовано визуальное и инструментальное наблюдение за деформациями здания.

Последовательность производства работ была следующей.

Устройство система сейсмоизоляции выполнено следующим образом:

- резинометаллические сейсмоизолирующие опоры установили под несущими конструкциями перекрытия на отм. — 4.200 м;

- существующее перекрытие на отм. — 4.200 м усилили антисейсмическими поясами с дополнительным армированием и бетонированием, подведенными под перекрытие в местах расположения капитальных стен. В результате этого перекрытие превратили в сплошную горизонтальную диафрагму, служащую основанием для надземной части здания и передающую нагрузки на сейсмоопоры;
- фундаменты и стены подвала с отм. — 6.300 м усилили в соответствии с измененной расчетно-конструктивной схемой и действующими нагрузками;
- горизонтальным антисейсмическим швом отделили надземную часть здания от подземных конструкций и выполнили мероприятия, необходимые для образования горизонтального шва.

Был разработан проект производства работ, предусматривающий меры безопасности, обеспечивающие прочность и устойчивость конструкций и частей здания на всех этапах реконструкции и инструментальный и визуальный контроль за деформациями здания.

По всем капитальным стенам устроен непрерывный монолитный железобетонный опорный антисейсмический пояс для чего предварительно:

- поверхности стен, которые контактируют с антисейсмическим поясом, освобождены от штукатурки. В них проделаны необходимые штрабы и отверстия. Кладка обработана методами, обеспечивающими сцепление и совместную работу кладки с железобетонным поясом;
- по наружному контуру стен перед

Схема процесса

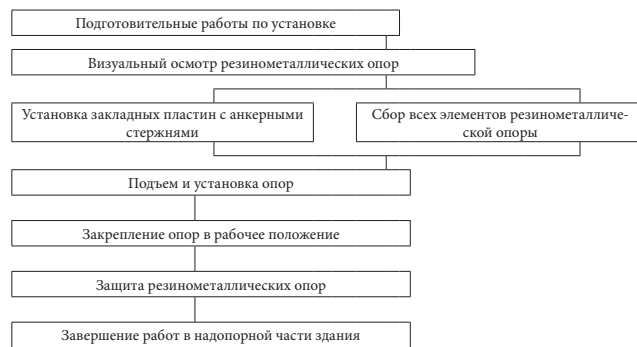


Рис.4. Поперечные сечения резинометаллических сейсмоопор: а) сейсмоопора GZY500V5A; б) соединительные пластины к GZY500V5A

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

устройством сейсмопояса отрыли траншею, обеспечивающую возможность возведения опалубки и устройства сейсмопояса, а также конструкций, формирующих горизонтальный антисейсмический шов;

— выполнены мероприятия, обеспечивающие защиту траншей от атмосферных осадков.

Выполнена армированная сплошная набетонка по плитам перекрытия на отм. — 3.000м, которую связали с опорными антисейсмическими поясами арматурными выпусками. Предварительно перекрытие было освобождено от существующих полов, стяжек, незаполненных раствором стыков между сборными плитами. Стыки с рыхлым раствором расчистили, поверхности плит обработали для обеспечения совместной работы с набетонкой. Установили анкера для связи плит с набетонкой.

Произвели усиление фундаментов и стен подвала, для чего предварительно в стенах подвала проделали необходимые отверстия и проемы. Поверхности стен, подлежащие бетонированию, обработали для обеспечения совместной работы с бетоном усиления. В них проделаны

скважины и установили анкера из обрезков арматуры.

В местах, где отсутствовал подвал, извлекли землю, усилили фундаменты и стены подвала и устроили подвальные помещения, которые перекрыли монолитной железобетонной плитой на отм. — 3.000м. Железобетонные стойки и опоры поворотного круга сцены бетонировали вместе с перекрытием на отм. — 3.000м. Под центр перекрытия в подвале предварительно подвели фундамент и монолитную железобетонную опору для временной передачи нагрузки от перекрытия на эту опору.

В стенах подвала проделали проемы для установки в них сейсмоопор. В проемах забетонировали опорные железобетонные подушки с закладными деталями для крепления сейсмоопор. Затем, установили все сейсмоопоры (Рис. 5). По всем стенам под низом опорного сейсмопояса прорезали горизонтальный антисейсмический шов высотой 50мм. В результате этого нагрузка от верхней части здания была передана на сейсмоопоры.

Следующим этапом возвели наружное ограждение горизонтального

антисейсмического шва наружных стен подвала. В этом ограждении устроили непрерывный антисейсмический шов высотой 50мм, который утеплили и загерметизировали материалами, не препятствующими взаимным горизонтальным перемещениям надземной и подземной частей здания. Произвели утепление, гидроизоляцию ограждения и обратную засыпку пазух за стенкой ограждения.

3.5. Контроль качества установки резинометаллической опоры

Горизонтальность поверхности резинометаллической опоры при ее установке существенно влияет на поведение резинометаллической опоры во время воздействия. Поэтому при устройстве сейсмоизоляции тщательно контролировалась горизонтальность поверхности опор.

Закрепление стержней основания и анкерных стержней стальной пластины опоры было таким, что при бетонировании не происходил их случайный сдвиг. Особое внимание было уделено, чтобы не происходило случайных смещений резинометаллических опор по высоте, по осям или по горизонтали.



Рис.5. Установка сейсмоизолирующих опор в подвале здания ГКЗ



Рис.6. Здание ГКЗ после сейсмоусиления

После установки резинометаллических опор были приняты меры предосторожности по защите их от внешних воздействий.

Внешний вид восстановленного и сейсмоизолированного здания Государственного концертного зала показан на рис. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод сейсмоизоляции при реконструкции здания Государственного концертного зала в г. Грозном, выявил преимущества перед традиционно применяемыми методами сейсмоусиления зданий, находящихся в зонах высокой сейсмической опасности.

Применение системы сейсмоизоляции в подвальной части здания позволило снизить расчетные сейсмические нагрузки и обеспечить сейсмостойкость надфундаментной части здания с выполнением минимальных конструктивных мероприятий.

Использованы долговечные строительные материалы и конструкции — мо-

нолитный железобетон, сталь.

Как показала практика применения резинометаллических сейсмоизолирующих опор и технико-экономический анализ, стоимость этого метода оказалась ниже, в сравнении с традиционно используемыми технологиями по сейсмоусилению зданий.

Надежность сейсмоизолированного здания окажется выше при воздействии расчетного землетрясения, чем здания с традиционным усилением. Это связано с тем, что сейсмоизолированное здание допускает значительные деформации без разрушения конструкций при сейсмическом воздействии, а в здании с традиционным усилением невозможно избежать развития трещин и разрушения конструкций при расчетном землетрясении.

Выполненные мероприятия по сейсмоизоляции здания ГКЗ обеспечивают безопасность людей и сохранность оборудования при действии расчетных сейсмических нагрузок, регламентируемых СНиП П-7-81* «Строительство в сей-

мических районах». Применение резинометаллических сейсмоопор явилось эффективным и оптимальным решением сейсмозащиты объекта.

Литература

1. СНиП II-A. 12-69. *Строительство в сейсмических районах*. — М.: Стройиздат. 1970. 47 с.
2. СНиП II-7-81*. *Строительство в сейсмических районах*. — М.: Госстрой России. ФГУП ЦПП. 2004. 44 с.
3. Смирнов В.И. *Сейсмоизоляция зданий и сооружений*. // *Промышленное и гражданское строительство*. 1997. № 12. С. 37-39.
4. Смирнов В.И. *Международный семинар по сейсмоизоляции высоких зданий (г. Ереван, Республика Армения, 15-17 июня 2006 г.)*. // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2006. № 4. С. 33-38.
5. Смирнов В.И. *Демпфирование как элемент сейсмозащиты сооружений*. // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2007. № 4. С. 44-47.

Айзенберг Я. М., д-р техн. наук., проф.
(ЛСС ЦНИИСК им В. А. Кучеренко ФГУП «НИЦ «Строительство»)

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ВЫСОКИХ ЗДАНИЙ*

Сейсмоизоляция зданий в массовом строительстве начала применяться в 70-х годах XX столетия в СССР [1].

В последние несколько лет сейсмоизоляция используется при проектировании и при строительстве высоких зданий [2].

Эта тенденция возрастает. Самое высокое сейсмоизолированное здание построено в г. Осака, Япония [3]. Высота здания более 50 этажей. Проекты некоторых сейсмоизолированных высотных зданий, предназначенных для строительства

в сейсмоопасных районах Российской Федерации, представлены в [2].

Основные причины растущего применения сейсмоизоляции в высотных зданиях заключаются не только в повышении надежности зданий. Сейсмоизоляция,

* «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 04-2007. С. 41-43