

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Новые технологии в обеспечении сейсмостойкости православных святых г. Севастополя

О.Б. Жиленко¹, В.Н. Алексеенко²

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, 95493, Украина, Симферополь, Киевская, 181.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 699.841:725.945.2

История

Подана в редакцию 11 ноября 2013

Ключевые слова

сейсмостойкость
усиление
новые технологии
храм
колокольня

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены проблемы сохранения православных святых города Севастополя и противоречия требований нормативных документов, регламентирующих строительство в сейсмических районах Украины и сохранения аутентичности.

На основании проведенных исследований, предложены новые технологии по обеспечению сейсмостойкости. Для усиления барабана купола собора Святого равноапостольного князя Владимира предложено внешнее предварительно напряженное стальное армирование. Для дальнейшей безопасной эксплуатации храма святого Архистратига Михаила, наружные углы основного здания предложено усилить постановкой горизонтальных клеиваемых анкеров во взаимоперпендикулярных направлениях.

Анализ результатов обследования и оценки технического состояния конструкций колокольни позволили разработать усиление стен нижнего уровня железобетонной рубашкой, восстанавливающей, кроме того, визуальную функцию изначально существовавшей защитной штукатурки, без значительного увеличения габаритных размеров фасадов. По верхнему обрезу стен третьего уровня – монолитный железобетонный антисейсмический пояс с клеиваемыми анкерами, консолидирующими аутентичную кладку.

Содержание

Введение	78
Обзор иностранной и отечественной литературы	78
Постановка задачи	78
Описание исследования	78
Выводы	83

1.

Контактный автор:

+38 (095) 491 2490, ksuha_2612@mail.ru (Жиленко Оксана Борисовна, к.т.н., доцент)

2.

+38 (065) 225 9442, avn108@mail.ru (Алексеенко Василий Николаевич, к.т.н., доцент)

Введение

Риск утраты объектов культурного наследия от климатических и антропогенных воздействий в сейсмоопасных районах возрастает неоднократно [1, 2]. Сохранение православных святынь города Севастополя, отнесенного к территориям с 8-ми балльной расчетной сейсмичностью, является не только актуальной задачей, но и весьма сложной в плане технологической и экономической целесообразности.

Обзор иностранной и отечественной литературы

Действующие в Украине нормативные документы [3 - 6] обладают рядом взаимоисключающих положений определяющих, с одной стороны, обеспечение допустимых рисков сейсмобезопасности, а с другой – сохранение аутентичности объектов.

Существующие «классические» [7 - 17] подходы к усилению несущих конструкций реставрируемых памятников архитектуры [18] адаптировать к несейсмостойким зданиям начала и середины XIX века, сложенным из камней чистой тески Инкерманского месторождения (Автономная Республика Крым) с сохранением их аутентичности, учитывая фактический уровень накопленных дефектов, весьма проблематично. Техническую сложность обеспечения допустимых рисков по надежности увеличивают дефекты, причиненные православным святыням Севастополя, военными действиями четырех масштабных войн (Крымская война 1853-1856 гг., Первая мировая война 1914-1918 гг., Интервенция стран Антанты 1918-1922 гг., Великая Отечественная война 1941-1945 гг.).

Постановка задачи

Цель проведенных исследований – поиск альтернативных решений по обеспечению допустимого уровня сейсмостойкости объектов культурного наследия, позволяющих сохранить их аутентичность.

Задачи:

- изучение характеристик совместной работы анкерных составов, арматурного проката и камней пильного известняка Инкерманского месторождения;
- разработка на этой основе новых технологий обеспечения сейсмостойкости православных святынь г. Севастополя.

Описание исследования

Собор Святого равноапостольного князя Владимира в Севастополе (рисунок 1) – православная церковь, место захоронения русских адмиралов и морских офицеров, памятник архитектуры и истории XIX века [19 - 22].



Рисунок 1. Собор Святого Равноапостольного князя Владимира. Усыпальница адмиралов, г. Севастополь.

Подготовительные работы к строительству собора начались в 1848 году, а закладка собора была произведена 15 июля 1854 года. Во время Крымской войны в склепе будущего храма были захоронены адмиралы Лазарев М.П., Корнилов В.А., Истомин В.И., Нахимов П.С., погибшие на бастионах Севастополя. В 1862 году работы по возведению собора возобновились. Для этого пригласили известного архитектора, академика Авдеева А.А. Он переработал проект Тона К.А. на основе изученной им традиционной византийской церковной архитектуры. В 1881 году закончено сооружение нижней церкви, а в 1888 году, после смерти Авдеева А.А.— завершено строительство верхней церкви.

Здание сооружено из инкерманского камня и выполнено как крестово-купольная несущая система в двух уровнях, его высота с крестом составляет 32,5 м. Общие габариты плана составляют 30,9x20.4 м. Наружные колонны сделаны из диорита, для облицовки внутренних колонн использован каррарский мрамор.

В средней (по высоте) части барабана, сопрягающего кладку четверика и восьмерика, наблюдались кольцевые трещины. Следы косметического ремонта свидетельствуют о постоянном затекании примыканий кровли. Максимальное раскрытие трещин в барабане, имеющем в плане круглую форму изнутри и восьмигранник с внешней стороны, установлено в зоне сопряжения разнородных по размеру камней, и как следствие различных по жесткостным характеристикам кладок. Авторами предложено усиление барабана внешним предварительно напряженным стальным армированием (рисунок 2). В целях сохранения аутентичности фасадов [4], элементы усиления расположены под крышей четверика.

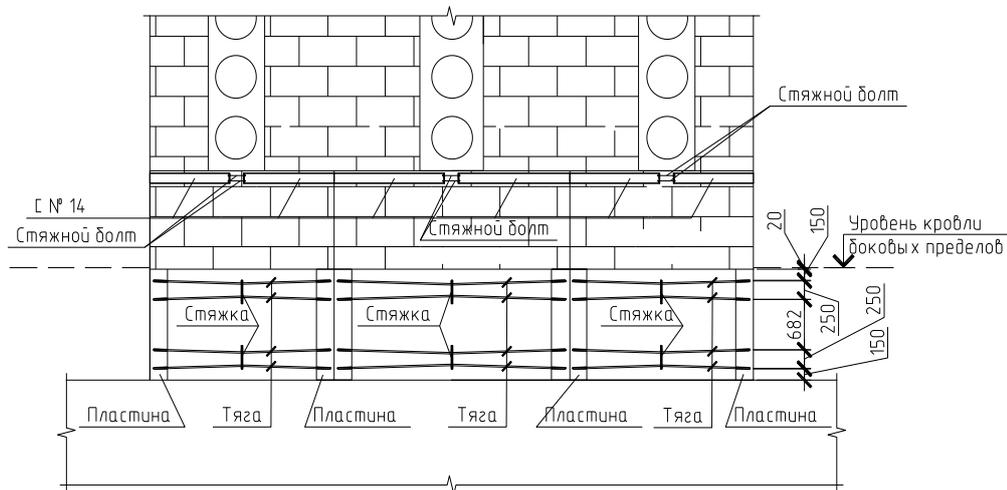


Рисунок 2. Схема усиления барабана купола собора Святого равноапостольного князя Владимира

Храм святого Архистратига Михаила в Севастополе (рисунок 3) сооружен в 1849 году по инициативе Главного командира Черноморского флота - адмирала Михаила Петровича Лазарева. Автор проекта точно не известен, но, скорее всего, это инженер-полковник Фондервейде, создатель собора Святителя Николая (г. Севастополь), поскольку Михайловская церковь являлась его приделом [15, 21 - 23].



Рисунок 3. Храм святого Архистратига Михаила в Севастополе

Во время 1-й обороны Севастополя храм был главной гарнизонной церковью города. В ней отпевали адмиралов Корнилова В.А., Истомина В.И., Нахимова П.С.

2 августа 1855 года в здание храма попала бомба, которая произвела в нем большие разрушения. Здание было восстановлено в 1857 году на средства подрядчика Ивана Красильникова. В 1889 году храм стал полковой церковью 50-го пехотного Белостокского полка.

В 1920-е годы в здании находилась читальня имени французского коммуниста Марти А. С 1931 года – Дом санитарного просвещения. После Великой Отечественной войны в здании храма размещался малый зал Дома офицеров флота. С 1969 года здесь расположился зал №8 музея Краснознаменного Черноморского Флота.

Здание имеет прямоугольную форму. Портал – в виде ниш одна в другой, перекрытых арками, которые опираются на колонны (по две с каждой стороны) с византийскими капителями. Архивольты украшены резьбой, слева и справа от входа – медальоны с розетками. Стены и колонны сложены кладкой из мелкоштучных блоков чистой тески Инкерманского месторождения [24].

Применение традиционных способов усиления несущих конструкций и повышения сейсмостойкости зданий со стенами из каменной кладки приводит к неизбежной утрате изначальных фасадов и внутреннего убранства храма [25].

Предлагаемые авторами [26, 27] скрытые конструктивные решения по усилению несущих каменных конструкций установкой вклеиваемых анкеров, открывают новые возможности сохранения аутентичности храма святого Архистратига Михаила в Севастополе.

Для дальнейшей безопасной эксплуатации, наружные углы основного здания в уровне от планировочной отметки грунта до карнизной кладки необходимо усилить постановкой горизонтальных вклеиваемых анкеров из арматурной стали $\varnothing 12$ А 500С во взаимоперпендикулярных направлениях (рисунок 4).

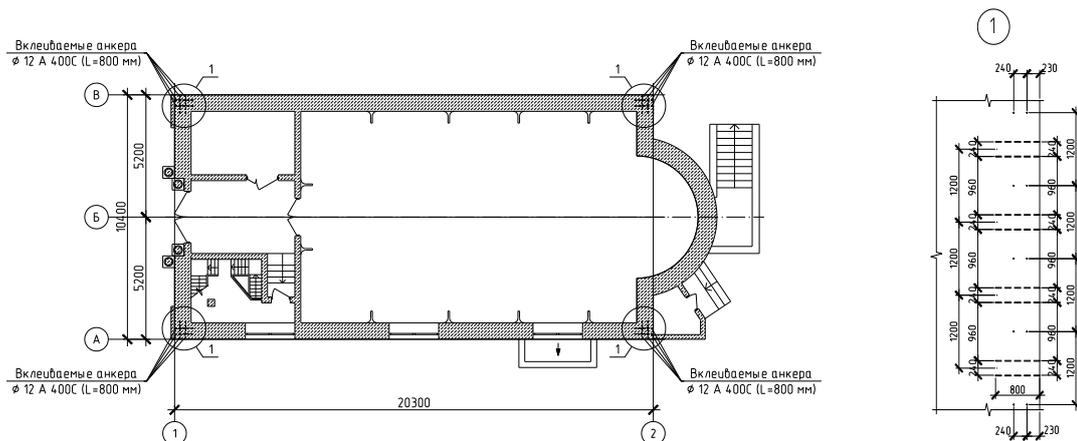


Рисунок 4. Усиление пересечений наружных стен вклеиваемыми анкерами храма святого Архистратига Михаила

Первое известное документальное упоминание о Балаклавском Георгиевском монастыре (рисунок 5) относится к 1578 году.



Рисунок 5. Балаклавский Георгиевский монастырь. Исторический вид

Второго ноября 1854 года на Черном море разразился сильнейший шторм, в результате которого 11 английских кораблей отправились на дно у входа в Балаклавскую бухту.

Пострадал и Георгиевский монастырь. Ураган повредил домик Лазарева, церкви и колокольню, сорвал на большинстве зданий крыши, погнул кресты.



Рисунок 6. Колокольня Балаклавского Георгиевского монастыря. Современный вид

В 1861 году по распоряжению настоятеля архимандрита Никона каменная колокольня была перестроена в готическом стиле, по плану архитектора Вяткина. Теперь среди вековых кипарисов пред нами предстала, как снег белая, четырёхгранная колокольня, с высоким конусообразным куполом и золотым крестом.

Колокольня Балаклавского Георгиевского монастыря (рисунок 6) расположена на мысе Фиолент на территории воинской части Министерства обороны России [24]. Трехуровневое сооружение выполнено сложной симметричной формы в плане с габаритными размерами 5.7x5.7 м. Высота составляет 15.36 м. Конструктивная схема – несущие каменные стены с арочными перемычками, выполненными камнями чистой тески. Предположительный возраст сооружения ~ ок. 170 лет. Существовавший ранее четырехгранный купол в настоящее время утрачен.

Стены колокольни повреждены трещинами, наблюдаются утраченные камни кладки. Ранее существовавший слой защитной штукатурки в настоящее время практически полностью разрушен. Прочность камней кладки соответствует маркам по прочности на сжатие М 50-75. Техническое состояние стен, в соответствии с действующими нормативными документами [3 - 6], диагностируется как аварийное.

Анализ результатов обследования и оценки технического состояния конструкций колокольни [29] позволили разработать усиление стен нижнего уровня железобетонной рубашкой, восстанавливающий, кроме того, визуальную функцию изначально существовавшей защитной штукатурки, без значительного увеличения габаритных размеров фасадов [30]. По верхнему обрезу стен третьего уровня – монолитный железобетонный антисейсмический пояс с клеиваемыми анкерами (рисунок 7).

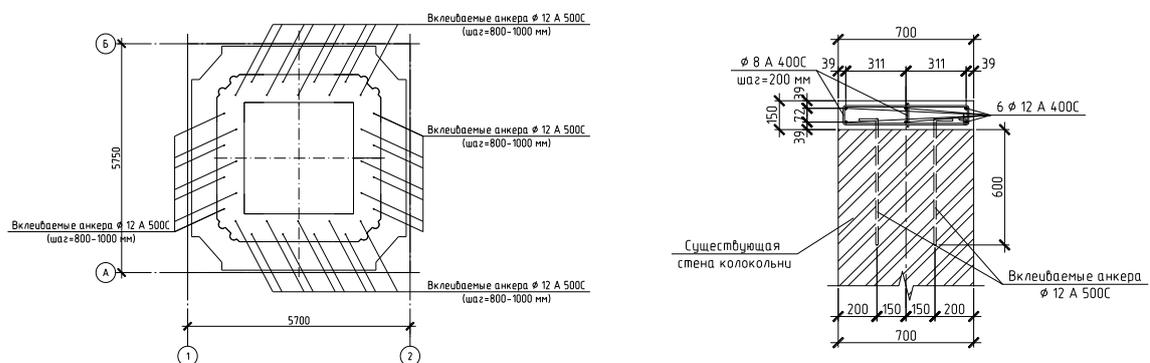


Рисунок 7. Схема усиления верхнего обреза стен колокольни Балаклавского Георгиевского монастыря устройством монолитного железобетонного антисейсмического пояса с клеиваемыми анкерами

Расчет прочности бутовой каменной кладки, усиленной клеиваемыми анкерами, предлагается производить в соответствии с методикой п.4.31 СНиП II-22-81 [31], так как действующие в настоящее время в Украине требования норм ДБН В.2.6-162:2010 «Каменные и армокаменные конструкции» [32] не распространяются на конструкции стен из бутовой кладки. Для камней пильного известняка Инкерманского месторождения (юго-западный Крым) необходимо учитывать коэффициент условий работы клеиваемого анкера.

$$R_{skb} = R + \frac{2\mu K_{as} R_s}{100} \cdot \frac{R}{R_{25}} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right)$$

где R - расчетное сопротивление кладки сжатию;

R_s - расчетное сопротивление арматуры;

R_{25} - расчетное сопротивление кладки при марке раствора 25;

μ - требуемый коэффициент армирования:

$$\mu = \frac{50R}{\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right)} \geq 0,1\%$$

ω - коэффициент, определяемый по формулам, приведенным в табл. 19 СНиП II-22-81 [31].

e_0 - эксцентриситет расчетной силы N относительно центра тяжести сечения;

y - расстояние от центра тяжести сечения до сжатого его края;

$K_{as}=0,3$ - коэффициент условий работы клеиваемого анкера с гарантированной обеспеченностью 0,95.

Для определения K_{as} авторами экспериментально установлена прочность клеевого соединения анкеров из арматуры $\varnothing 12$ мм А 500С на выдергивание из каменных элементов с применением анкерного состава Ceresit CX 5. Для физического эксперимента были выбраны природные камни Инкерманского месторождения, характерные для кладки стен памятников архитектуры г. Севастополя XIX века, рекомендуемая глубина заделки 300мм - в соответствии с наиболее распространенными размерами элементов кладочной структуры из пиленых и рваных бутовых камней. Испытания проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84 [33].

В опытных образцах, испытанных в возрасте не менее 28 суток, рост деформаций зависел от глубины анкерной заделки. Смещение анкера происходило по поверхности контакта «анкерный состав-камень». При нагрузках 2,5-3,1 тс (рисунок 8) фиксировали смещение анкера относительно камня на 0,4 мм.

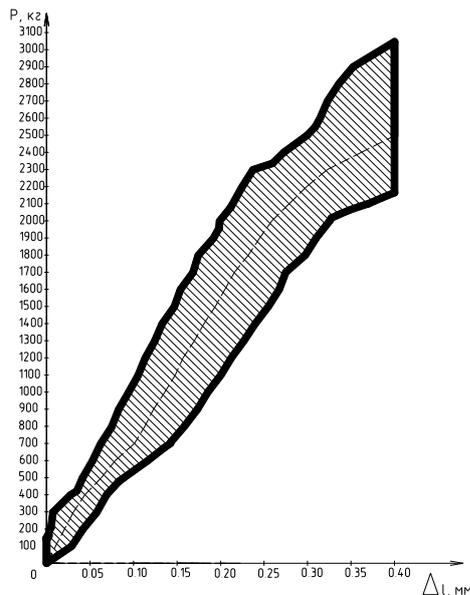


Рисунок 8. Деформативность клеевого соединения опытных образцов Δl (мм) в зависимости от прикладываемой нагрузки P (кг).

Примечания. - область значений деформативности клеевого соединения опытных образцов;

— — — — - линия средних значений деформативности клеевого соединения опытных образцов.

При дальнейшем увеличении нагрузки происходило выдергивание анкера, что сопровождалось расколом камней при усилиях, превышающих на 15-20% величину исчерпания несущей способности клеевого соединения по предельному смещению анкера 0,4 мм.

Целесообразно для расчета прочности кладки, усиленной анкерами, принять критерии предельного смещения анкеров 0,4 мм, при которых не допускается раскол камней от действия поперечных растягивающих напряжений.

Значение коэффициента условий работы клеиваемого анкера K_{as} с гарантированной вероятностью 0,95 определено статистической обработкой отношений величины прочности на выдергивание клеевого соединения испытанных образцов к величине временного сопротивления арматурного стержня анкера.

Выводы

1. Ряд положений нормативных документов, действующих в Украине, регламентирующих строительство в сейсмических районах, противоречит требованиям норм по охране культурного наследия в части сохранения аутентичности объектов.

2. Предложенные авторами новые решения по обеспечению сейсмостойкости объектов культурного наследия [26, 27] базируются на результатах изучения совместной работы современных материалов и камней пильного известняка Инкерманского месторождения (г. Севастополь) и позволяют при допустимых рисках сейсмобезопасности сохранить их аутентичность.

Литература

1. The performance of strengthened masonry building in recent European earthquakes / Spencer Robin J S, Oliveira Carlos S, D'Ayala Dina, Papa Filomena, Zuccaro Gulio // 12th WCEE, 1366. University of Cambridge, UK, 2000. 8 p.
2. Target seismic performance levels in structural design for building / Aoki Yoshitsudgu, Ohoshi Yuji, Fujitani Hidco, Saito Taiki, Kanda Jun, Emoto Testsuya, Kohno Mamoru // 12th WCEE, 0652. 2000. 8 p.
3. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины.
4. ДБН В.3.2-1-2004. Реставрационные, консервационные и ремонтные работы на объектах культурного наследия.
5. Закон Украины «Об охране культурного наследия» от 08.06.2000 г.
6. ДБН Б.2.2-2-2008. Состав, содержание, порядок разработки, согласование и утверждение научно-проектной документации относительно определения границ и режимов эксплуатации зон охраны памятников архитектуры и градостроительства.
7. Повышение сейсмостойкости зданий // Труды ЦНИИСК им. Кучеренко, М.: 1997. 296 с.
8. Альбом технических решений и рекомендаций по усилению несейсмостойких гражданских зданий. КиевЗНИИЭП Госкомархитектуры Украины, КрымНИИПроект Госстроя УССР, К.: 1990. 94 с.
9. Марков А.И. Эксплуатация и реконструкция зданий. Запорожье: ТОВ «ВПО «Запоріжжя», 2009. 304 с.
10. Калинин А.А. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений. М.: Изд-ва Ассоциации строительных ВУЗов, 2004. 159 с.
11. Мухамедшин Л.А. Опыт инженерных решений по восстановлению и усилению зданий в сейсмических районах // Архитектура и строительство Узбекистана. Сборник № 9. 1988. С. 5-8.
12. Ерменок П.Л. Монолитность и сейсмостойкость конструкций из естественного камня. Кишинев: Картя Молдовеняска, 1968. 202 с.
13. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений // Труды ЦНИИСК им. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1984. 36 с.
14. Шагин А.Л. Эффективные способы укрепления каменных конструкций // Межведомственный научно-технический сборник научных работ (Строительство) НДИБК. 2001. № 54. С. 264-267.
15. Rehabilitation of unreinforced masonry walls with externally applied fiber reinforced polymers. / Michael Lewis Albert // A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Structural Engineering. – Department of Civil and Environmental Engineering / Edmonton. Alberta. 1998. 117 p.
16. Sedova V., Gavrilovic P. Repair and seismic strengthening of historic buildings and monuments - our experience // 12th European Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Lid, Paper Reference 182, 2002. 415 p.
17. Chai H. Yoo and Sung Lee. Stability of Structures. Principles and Applications. 1957- II. Title, 2011. 529 p.
18. Жиленко О.Б., Алексеенко В.Н. Особенности научно-реставрационных исследований памятников Архитектуры Крыма // Строительство и техногенная безопасность. 2011. № 35. С. 220-227.
19. Литвинова Е.М. Путеводитель. Крым. Православные святыни. Симферополь: Рубин, 2005. 378 с.
20. Орианда Н.Н. Культурное наследие Крыма / Совет министров АРК. Республиканский комитет АРК по охране культурного наследия. Симферополь: Издательство ЧП Дымникова, 2011. 137 с.
21. Алексеенко В.Н. Техническое заключение по результатам обследования несущих конструкций здания Владимирского собора по адресу: г. Севастополь, ул. Суворова 3, с разработкой технических решений по усилению. Симферополь: ООО «НПП «Южсейсмострой». 2011. 167 с.
22. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Сохранение памятников архитектуры в сейсмоопасных районах // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Москва: МАРХИ, 2012. С. 620-628.
23. Алексеенко В.Н. Техническое заключение по результатам обследования несущих конструкций здания зала №8 Музея Черноморского Флота Российской Федерации по адресу: г. Севастополь, ул. Ленина, 11 с разработкой рекомендаций по капитальному ремонту. Симферополь: ООО «НПП «Южсейсмострой». 2012. 203 с.
24. Поляков С.В., Измайлов Ю.В., Коноводченко В.И. Каменная кладка из пильных известняков. Кишинев: Изд-во: «Картя Молдовеняскэ», 1973. 344 с.

25. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Современный метод усиления кирпичных стен храма святого Архистратига Михаила в г. Севастополе с сохранением его аутентичности // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Москва: МАРХИ, 2013. С. 267-268.
26. Патент Украины 71144, МПК Е 04 G 23/00. Способ усиления простенков стен зданий / Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б.; заявитель и патентовладелец НАПКС. № u201113119; заявл. 07.11.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. №13.
27. Патент Украины 62243, МПК Е 04 С 2/00. Способ повышения сейсмостойкости зданий / Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б.; заявитель и патентовладелец НАПКС. – № u201014808; заявл. 10.12.2010; опубл. 25.08.2011, Бюл. №16.
28. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Техническое заключение по результатам обследования колокольни Балаклавского Георгиевского монастыря с разработкой технических решений по усилению по адресу: г. Севастополь, мыс Фиолент. Симферополь: ООО «НПП «Южсейсмострой». 2012. 200 с.
29. ASCE 7-02. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
30. Щенков А.С. О фасадном декоре русских храмов конца XVII века. Христианское искусство. № 11. – М.: Стройиздат, 2009. 237 с.
31. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции.
32. ДБН В.2.6-162:2010. Каменные и армокаменные конструкции.
33. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжение.

New technologies to provide earthquake resistance of Orthodox shrines in Sevastopol

O.B. Zhilenko³, V.N. Alekseenko⁴

The National Academy of Environmental Protection and Resort Development, 181 Kiyevskaya st., Simferopol, 95493, Ukraine.

ARTICLE INFO

Article history

Received 11 November 2013

Keywords

seismic stability
strengthening
new technologies
church
belfry

ABSTRACT

The problems of preservation of Orthodox holy sites of the city of Sevastopol and the contradictions of the requirements of regulations governing construction in seismic regions of Ukraine and the preservation of authenticity are described in the article.

New technologies to provide earthquake resistance of Orthodox shrines are offered on the basis of research. To enhance the drum of the dome of the St. Vladimir Cathedral external prestressed steel reinforcement has been suggested. For safe operation, the outer corners the Church of St. Archangel Michael of the main building at the planning level of the ground mark up to the roof it is proposed to strengthen with the help of horizontal glued anchor in mutually perpendicular direction.

Analyses of survey results and evaluate the technical condition of the bell tower designs have allowed to develop strengthening the walls of the lower level of the reinforced concrete jacket, reducing, in addition, visual function was originally existed protective plaster, without significantly increasing the overall dimensions of the facades. On the top edge of walls of the third level - reinforced concrete anti-seismic belt anchors are glued, consolidate an authentic masonry.

³ *Corresponding author:*

+38 (095) 491 2490, ksuha_2612@mail.ru (Oksana Borisovna Zhilenko, Ph.D., associate professor)

⁴ +38 (065) 225 9442, avn108@mail.ru (Vasiliy Nikolayevich Alekseenko, Ph.D., associate professor)

References

1. The performance of strengthened masonry building in recent European earthquakes / Spencer Robin J S, Oliveira Carlos S, D'Ayala Dina, Papa Filomena, Zuccaro Gulio // 12th WCEE, 1366. University of Cambridge, UK, 2000. 8 p.
2. Target seismic performance levels in structural design for building / Aoki Yoshitsudgu, Ohoshi Yuji, Fujitani Hidco, Saito Taiki, Kanda Jun, Emoto Testsuya, Kohno Mamoru // 12th WCEE, 0652. 2000. 8 p.
3. DBN V.1.1-12:2006. *Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh Ukrainy* [Construction in seismic regions of Ukraine]. (ukr)
4. DBN V.3.2-1-2004. *Restavratsionnyye, konservatsionnyye i remontnyye raboty na ob'yektakh kulturnogo naslediya* [Restoration, conservation and repair work on objects of cultural heritage] (ukr)
5. *Zakon Ukrainy «Ob okhrane kulturnogo naslediya»* [Law of Ukraine "Protection of Cultural Heritage"] ot 08.06.2000. (ukr)
6. DBN B.2.2-2-2008. *Sostav, sodержaniye, poryadok razrabotki, soglasovaniye i utverzhdeniye nauchno-proyektnoy dokumentatsii otnositelno opredeleniya granits i rezhimov ekspluatatsii zon okhrany pamyatnikov arkhitektury i gradostroitelstva* [Composition, content, procedure development, coordination and approval of the scientific and project documentation with respect to determining the boundaries and modes of operation zones of protection of monuments of architecture and urban planning] (ukr)
7. *Povysheniye seysmostoykosti zdaniy* [Seismic resistance of buildings] // *Trudy TsNIISK im. Kucherenko, M.*: 1997. 296 p. (rus)
8. *Albom tekhnicheskikh resheniy i rekomendatsiy po usileniyu neseysmostoykikh grazhdanskikh zdaniy* [Album of technical solutions and recommendations for strengthening neseysmostoykikh civic buildings]. *KiyevZNIIEP Goskomarkhitektury Ukrainy, KrymNIIProyekt Gosstroya USSR, K.*: 1990. 94 s. (rus)
9. Markov A.I. *Ekspluatatsiya i rekonstruktsiya zdaniy. Zaporozhye* [Maintenance and reconstruction of buildings] *TOV «VPO «Zaporizhzhya»*, 2009. 304 p. (ukr)
10. Kalinin A.A. *Obsledovaniye, raschet i usileniye zdaniy i sooruzheniy* [Examination, payment and strengthening of buildings]. *M.: Izd-va Assotsiatsii stroitelnykh VUZov*, 2004. 159 p. (rus)
11. Mukhamedshin L.A. *Opyt inzhenernykh resheniy po vosstanovleniyu i usileniyu zdaniy v seysmicheskikh rayonakh* [Experience engineering solutions to restore and enhance buildings in seismic regions] // *Arkhitektura i stroitelstvo Uzbekistana. Sbornik № 9*. 1988. Pp. 5-8. (rus)
12. Yermenok P.L. *Monolitnost i seysmostoykost konstruksiy iz yestestvennogo kamnya* [Integrity and seismic design of natural stone]. *Kishinev: Kartya Moldovenyaska*, 1968. 202 p. (rus)
13. *Rekomendatsii po usileniyu kamennykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy* [Recommendations to strengthen the stone buildings and structures] // *Trudy TsNIISK im. Kucherenko. M. : Stroyizdat*, 1984. 36 p. (rus)
14. Shagin A.L. *Effektivnyye sposoby ukrepleniya kamennykh konstruksiy* [Effective ways of strengthening masonry structures] // *Mezhvedomstvennyy nauchno-tekhnicheskyy sbornik nauchnykh rabot (Stroitelstvo) NDIBK*. 2001. №. 54. Pp. 264-267. (rus)
15. Rehabilitation of unreinforced masonry walls with externally applied fiber reinforced polymers. / Michael Lewis Albert // A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Structural Engineering. – Department of Civil and Environmental Engineering / Edmonton. Alberta. 1998. 117 p.
16. Sedova V., Gavrilovic P. Repair and seismic strengthening of historic buildings and monuments - our experience // 12th European Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Lid, Paper Reference 182, 2002. 415 p.
17. Chai H. Yoo and Sung Lee. *Stability of Structures. Principles and Applications*. 1957- II. Title, 2011. 529 p.
18. Zhilenko O.B., Alekseyenko V.N. *Osobennosti nauchno-restavratsionnykh issledovaniy pamyatnikov Arkhitektury Kryma* [Features of scientific research and restoration of architectural monuments of Crimea] // *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost*. 2011. № 35. Pp. 220-227. (rus)
19. Litvinova Ye.M. *Putevoditel. Krym. Pravoslavnyye svyatyni*. [Crimea. Orthodox shrines] *Simferopol: Rubin*, 2005. 378 p. (rus)
20. Orianda N.N. *Kulturnoye naslediyе Kryma* [Cultural heritage of Crimea] / *Sovet ministrov ARK. Respublikanskiy komitet ARK po okhrane kulturnogo naslediya. Simferopol: Izdatelstvo ChP Dymnikova*, 2011. 137 p. (ukr)
21. Alekseyenko V.N. *Tekhnicheskoye zaklyucheniye po rezultatam obsledovaniya nesushchikh konstruksiy zdaniya Vladimirskegо sobora po adresu: g. Sevastopol, ul. Suvorova 3, s razrabotkoy tekhnicheskikh resheniy po usileniyu* [Tekhnicheskoye zaklyucheniye po rezultatam obsledovaniya nesushchikh konstruksiy zdaniya

- Vladimirskogo sobora po adresu: g. Sevastopol, ul. Suvorova 3, s razrabotkoy tekhnicheskikh resheniy po usileniyu] *Simferopol: OOO «NPP «Yuzhseysmstroy»*. 2011. 167 p. (rus)
22. Alekseyenko V.N., Zhilenko O.B. *Sokhraneniye pamyatnikov arkhitektury v seysmoopasnykh rayonakh // Ustoychivaya arkhitektura: nastoyashcheye i budushcheye* [Preservation of monuments in seismic areas]. Moskva: MARKhI, 2012. Pp. 620-628. (rus)
 23. Alekseyenko V.N. *Tekhnicheskoye zaklyucheniye po rezultatam obsledovaniya nesushchikh konstruktivnykh zdaniya zala №8 Muzeya Chernomorskogo Flota Rossiyskoy Federatsii po adresu: g. Sevastopol, ul. Lenina, 11 s razrabotkoy rekomendatsiy po kapitalnomu remontu* [A technical report on the survey of bearing structures of the building room number 8 Museum of Russian Black Sea Fleet at Sevastopol] *Simferopol: OOO «NPP «Yuzhseysmstroy»*. 2012. 203 p. (rus)
 24. Polyakov S.V., Izmaylov Yu.V., Konovodchenko V.I. *Kamennaya kladka iz pilnykh izvestnyakov* [Masonry of saw limestone]. Kishinev: Izd-vo: «Kartya Moldovenyashke», 1973. 344 p. (rus)
 25. Alekseyenko V.N., Zhilenko O.B. *Sovremennyy metod usileniya kirpichnykh sten khrama svyatogo Arkhistratiga Mikhaela v g. Sevastopole s sokhraneniem yego autentichnosti* [The modern method of strengthening brick walls of the church of St. Michael the Archangel in Sevastopol preserving its authenticity] // *Nauka, obrazovaniye i eksperimentalnoye proyektirovaniye*. Moskva: MARKhI, 2013. Pp. 267-268. (rus)
 26. *Patent Ukrainy 71144, MPK E 04 G 23/00. Sposob usileniya prostenkov sten zdaniy* [The method of enhancing partitions walls, patent] / Alekseyenko V.N., Zhilenko O.B.; *zayavitel i patentovladelets NAPKS. № u201113119; zayavl. 07.11.2011; opubl. 10.07.2012, Byul. №13*. (ukr)
 27. *Patent Ukrainy 62243, MPK E 04 S 2/00. Sposob povysheniya seysmostoykosti zdaniy* [Method of increasing the earthquake resistance of buildings, patent] / Alekseyenko V.N., Zhilenko O.B.; *zayavitel i patentovladelets NAPKS. – № u201014808; zayavl. 10.12.2010; opubl. 25.08.2011, Byul. №16*. (ukr)
 28. Alekseyenko V.N., Zhilenko O.B. *Tekhnicheskoye zaklyucheniye po rezultatam obsledovaniya kolokolni Balaklavskogo Georgiyevskogo monastyrya s razrabotkoy tekhnicheskikh resheniy po usileniyu po adresu: g. Sevastopol, mys Fiolent. Simferopol* [A technical report on the survey results the bell tower of St. George Monastery Balaklava develop technical solutions to strengthen at Sevastopol, Cape Fiolent] *OOO «NPP «Yuzhseysmstroy»*. 2012. 200 p. (rus)
 29. ASCE 7-02. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
 30. Shchenkov A.S. *O fasadnom dekore russkikh khramov kontsa KhVII veka* [Facade decoration Russian temples end of the seventeenth century] *Khristianskoye iskusstvo*. № 11. M.: Stroyizdat, 2009. 237 p. (rus)
 31. SNiP II-22-81. *Kamennyye i armokamennyye konstruktivnykh zdaniy* [Stone and reinforced masonry structures]. (rus)
 32. DBN V.2.6-162:2010. *Kamennyye i armokamennyye konstruktivnykh zdaniy* [Stone and reinforced masonry structures]. (ukr)
 33. GOST 1497-84. *Metally. Metody ispytaniya na rastyazheniye* [Metals. Methods of testing tensile strength.]. (rus)