РАЗДЕЛ IV. АРХИТЕКТУРА

Николаева И.П., Яковлева Е.Л.

Исследование прочности несущих конструкций Исаакиевского собора*Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2021-22

Аннотация

Статья посвящена описанию проведения научно-исследовательской работы по исследованию прочности несущих конструкций Исаакиевского собора. В середине прошлого века возникла необходимость в выполнении работ по ликвидации аварийного состояния и восстановлению здания музея-памятника Исаакиевского собора. Для проведения этой работы были приглашены сотрудники Ленинградского Политехнического института им. М.И.Калинина (ныне Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого).

Были проведены исследования кирпичной кладки и гранитных прокладных рядов в несущих пилонах, по определению деформаций и напряжений. Испытания по определению характеристик материала выполнялись в механической лаборатории Политехнического института на граните и кирпиче, изъятых из стен собора.

Экспериментальные исследования деформаций и напряжений в пилонах и испытания прочности кирпичной кладки Исаакиевского собора подтвердили вывод о перенапряжении кирпичной кладки пилонов.

Ключевые слова: Исаакиевский собор, несущие конструкции, экспериментальные исследования, прочность, напряжения, деформации, упругие постоянные материала.

Abstract

The article is devoted to the description of the research work on the study of the strength of the bearing structures of St. Isaac's Cathedral. In the middle of the last century, it became necessary to carry out work to eliminate the emergency state and restore the building of the museum-monument of St. Isaac's Cathedral. To carry out this work, employees of the Leningrad Polytechnic Institute named after M.I. Kalinin (now Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University).

Researches were carried out on brickwork and granite cushions in bearing pylons to determine deformations and stresses. Tests to determine the characteristics of the material were carried out in the mechanical laboratory of the Polytechnic Institute on granite and brick taken from the walls of the cathedral. Experimental studies of deformations and stresses in the pylons and tests of the strength of the brickwork of St. Isaac's Cathedral confirmed the conclusion about the overstress of the brickwork of the pylons.

Keywords: Isaac's Cathedral, load-bearing structures, experimental research, strength, stresses, deformations, elastic constants of the material.

В середине прошлого века возникла необходимость в проведении работ по ликвидации аварийного состояния и восстановлению здания музея-памятника Исаакиевского собора.

Председатель Совета Министров СССР Г.М. Маленков распоряжением по Совету Министров обязал Ленгорисполком выполнить в 1953-1956 г.г. эти работы. А также обязал Министерство Культуры СССР организовать силами Ленинградского Политехнического института им. М.И.Калинина (ныне Санкт-Петербургский

Политехнический университет им. Петра Великого) наблюдение за техническим состоянием здания музея-памятника с проведением исследования деформаций в конструкции. (Совет Министров СССР, распоряжение от 2-го сентября 1953г. №11557-Р). В соответствии с распоряжением Г.М. Маленкова Исполком Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся вынес решение, в котором предложил ЛПИ им. Калинина передать Исполкому Ленгорсовета исходные данные для разработки проектов крепления подкупольных пилонов и несущих металлических разгрузочных лесов (Исполком Ленгорсовета депутатов трудящихся, решение от 23 сентября 1953г.). Приказом № 829 по ЛПИ им. Калинина от 13 октября 1953 г. была создана комиссия, в состав которой вошли ученые гидротехнического факультета института: Ю.И. Ягн, А.З. Васевич, С.С. Голушкевич, В.А. Флорин, С.Д. Огороков и др. Председателем комиссии был назначен декан гидротехнического факультета С.Д. Старостин [1].

Сотрудниками нескольких кафедр Гидротехнического факультета проводилась научно-исследовательская работа по определению несущей способности пилонов Исаакиевского собора. Эта работа была очень значимой не только для кафедры, но и для института и для города.

Результатом проведенных исследований явились 16 томов отчета, с которыми авторы познакомились в архиве музея-памятника, расположенном в подвальном помещении собора, где зимой и летом одинаково холодно в каменных стенах, толщина которых достигает до 5-ти метров. В ходе длительных бесед, на которые любезно соглашались хранитель музея и научные сотрудники, разъяснялись и дополнялись некоторые вопросы. И вырисовывалась истинная историческая картина того времени и та опасность, которая грозила Исаакиевскому собору, но не от трещин в подкупольных пилонах, а от политики, которая была направлена на уничтожение культовых исторических памятников.

Необходимость в проведении научно-исследовательской работы, как следовало из архивных документов, возникла в связи с появлением и развитием трещин в пилонах собора. Однако, согласно документам, трещины были замечены еще во времена возведения собора в 1841 г. самим архитектором О. Монферраном. В целях обследования и наблюдения за осадкой здания был создан «осадочный комитет», в который были приглашены ведущие архитекторы того времени: В.П. Стасов, А.П. Брюллов, К.А. Тон, О. Монферран и др. После пятилетнего наблюдения комитет пришел к заключению, что процесс образования трещин в кирпичной кладке стен собора вызван неравномерностью осадки фундамента. Следует отметить, что при строительстве собора при возведении восточных пилонов был использован фундамент старой церкви (постройки Ринальди 1768г.) По проекту архитектора О. Монферрана, старый фундамент был связан с новым свайным фундаментом, что и могло привести к неравномерным осадкам. Комитет признал, что это процесс временный: «...осадка собора, как и должно быть, без всякого вреда для целостности здания совершенно прекратилась» и дал разрешение на продолжение работ по строительству собора. В последующие годы неоднократно возникал вопрос о неравномерности осадки фундамента и надежности несущих конструкций собора, так как при таких размерах и весе сооружения полная стабильность осадки еще не могла наступить. В 1873-1898г.г. был проведен капитальный ремонт здания и выправлен крен колонн. В 1900г. на втором съезде Зодчих, академик Е.А. Сабанеев сообщил, что «...портики собора окончательно выправлены и колонны не должны изменять своего постоянного правильного положения». Позднее, в 30-х – 40-х годах проводились работы по нивелировке здания, определению деформаций и характера возникающих трещин.

Научно-исследовательская работа по определению прочности пилонов собора была поручена профессорско-преподавательскому составу кафедр сопротивления материалов, строительной механики, оснований и фундаментов, строительных материалов и геодезии Политехнического института. Было организовано шесть

научно-исследовательских групп различных направлений по исследованию напряженного состояния несущих конструкций собора. Из протокола №1 постановления комиссии от 22.12.1953г.: «Комиссия, рассмотрев представленную программу научно-исследовательской работы по изучению напряженного состояния несущих конструкций государственного музея-памятника Исаакиевского собора, постановила предложенную программу работ утвердить» [1]. В программу работ были включены следующие основные вопросы: общее обследование здания собора, проведение натурных измерений для определения напряженного состояния и деформаций в конструкции, исследование прочности кирпичной кладки и гранитных прокладных рядов пилонов, обследование состояния фундамента. Работы по натурным измерениям деформаций и определению напряжений в пилонах собора проводились группой сотрудников кафедры сопротивления материалов, возглавляемой д.т.н. проф. Ю.И. Ягном.

Из материалов Центрального Государственного Исторического архива (фонд Комиссии о построении Исаакиевского собора и фонд кабинета архитектора О. Монферрана) следовало, что несущие пилоны сложены из кирпича на известковом растворе с гранитными прокладными рядами через каждые 1,5-2 метра по высоте. Кирпич на строительство собора поставлялся крупными подрядчиками, обычно по несколько сотен тысяч и даже миллионов штук. В контрактах на поставку кирпича имеются указания, что кирпич должен быть «...отборных первых двух сортов, полужелезный и красный – пополам, хорошо выделанной добротной массы, плотный как снаружи, так и внутри, сделанный и обожженный в нынешнем году, удобный для возведения сводов и во всем совершенно согласный с образцами». Тщательно готовился известковый раствор для кирпичной кладки. В специальные кадки попеременно сыпали просеянные и слегка смоченные водой известь и песок, так чтобы один слой ложился на другой. Состав выдерживали трое суток и после этого употребляли в дело. Указания на поставку извести следующие: «Известь для изготовления строительного раствора нужна лучшего качества и нынешнего года, а не выжженная в прошлом году и такого свойства, чтобы через сутки принимала не менее семи кирпичей». Через каждые 13-14 рядов кирпичной кладки расположены прокладные ряды гранитных плит, толщиной 45-55 см., уложенные по всему периметру сечения пилонов. Каждый прокладной ряд состоит из нескольких десятков отдельных гранитных блоков, связанных между собой железными скобами. «Условия на производство кирпичной кладки» и «Условия на теску и подлив гранита» подписаны О. Монферраном.

Сечение пилонов собора имеет форму квадрата с одним срезанным углом и площадью около 46 кв. м. Поверхность кладки пилонов на большей своей части покрыта художественной мраморной облицовкой, толщиной 15-20 см., и недоступна осмотру кроме ниш, расположенных в нижней части каждого пилона. Кроме того, была возможность осмотра камер смотровой галереи, примыкающих к одной грани каждого из четырех пилонов на уровне аттикового карниза на высоте 15 м. от пола собора. В камерах, примыкающих к северо-западному и северо-восточному пилонам, проводились основные измерения деформаций. В отчете отмечается, что в местах доступных осмотру, кирпичная кладка имела многочисленные мелкие и крупные трещины, которые местами проходили через гранитные прокладные ряды. Непосредственной целью исследования группы «натурных измерений» являлось установление характера деформации и величины напряжений, действующих в пилонах. Для этого необходимо было провести исследования в двух направлениях: первое – измерение деформаций и определение напряжений, и второе – определение упругих постоянных материала. Проведение работ по определению напряжений осложнялось тем, что в те годы не было методики измерения деформаций в

конструкциях без предварительной закладки измерительной аппаратуры в процессе строительства, а в применении к таким массивным сооружениям, как Исаакиевский собор, подобных исследований вообще не проводилось. Поэтому, профессором Ю.И. Ягном был разработан новый метод определения напряженного состояния, который впоследствии использовался при определении напряжений в голове шлюза Волгоградской ГЭС и в других массивных сооружениях. Этот метод основан на измерении обратных деформаций, возникающих при разгрузке небольшого объема материала у поверхности конструкции вследствие кольцевой выемки материала.

Из постановления комиссии (протокол № 3 от 22 февраля 1954 г.): «По докладу научного руководителя группы «Натурных измерений» проф. Ю.И. Ягна, принято решение предложенную методику измерения деформаций и определения напряжений утвердить» [1]. Ответственным исполнителем по исследованию деформаций и напряжений был назначен ассистент П.А. Павлов (в дальнейшем профессор и заведующий кафедрой сопротивления материалов). Работы по измерению деформаций в гранитной кладке проводились по способу кольцевой выемки. Из гранитного массива вырубалась призма. Глубина выемки выбиралась такой, чтобы уравновешенная система сил, действующих по сечению, у основания вырезаемой призмы практически не вызывала деформаций на поверхности массива. Высота гранитных прокладных рядов колеблется от 30 до 40 см., что ограничивало вертикальный размер поля внутри кольцевой выемки величиной не более 8-12 см. Длина отдельных гранитных блоков по фасаду пилона составляет 80-150 см. Самые длинные блоки имели вертикальные трещины, разделяющие их на две части. Поэтому на каждом блоке приходилось производить не более одного измерения. При этом учитывалась нелинейность деформаций в силу неоднородности напряженного состояния в пилонах, обусловленного сложной их конструкцией. Работы по вырубке в массиве выполнялись силами архитектурно-реставрационных мастерских Ленсовета. На вырубку одной такой призмы уходило по 3-4 рабочих смены. Определение деформаций массива в кольцевой выемке производилось с помощью зеркальных тензометров. Тензометры прикреплялись к поверхности массива зубоврачебным цементом. Измерения на кирпичной кладке проводились в пределах одного кирпича, который обмуровывался вокруг по швам. Поверхность кирпича при установке прибора не зачищалась, так как в противном случае открывались многочисленные щели и поры и создавали разгрузку наружных слоев еще до начала измерений. Низкая температура и высокая влажность затрудняли установку приборов и выполнение измерений. Во время работы, с целью проверки правильности определения обратных деформаций в пилонах, проводились измерения на малонагруженной гранитной плите, образующей облицовку смотровой галереи собора. Можно считать, что измерения проводились при постоянной температуре, так как из-за больших объемов кладки, окружающих камеру (толщина стен собора от 2,5 до 5 м.), температура почти не изменялась за сутки и лишь очень незначительно повышалась за лето.

Определение постоянных материала (модуля нормальной упругости и коэффициента поперечной деформации) гранита и кирпича выполнялись в механической лаборатории кафедры сопротивления материалов ЛПИ им. М.И.Калинина на граните и кирпиче, изъятых из стен собора. Образцы для испытания гранита в виде призм изготовлялись заводом «Красная заря». Образцы испытывались на сжатие на 500-тонном прессе в механической лаборатории. На основании полученных значений упругих постоянных материала по измеренным деформациям вычислялись напряжения в кирпичной кладке и в гранитных прокладных рядах. Для оценки прочности кирпичной кладки пилонов, на трех кирпичах, изъятых из стен собора, проводились весьма тщательные испытания на сжатие при кратковременном нагружении с последующей разгрузкой, затем повторное нагружение с разгрузкой и при длительном нагружении с разрушением. Значения пределов прочности,

полученные на этих образцах, сравнивались со значениями напряжений, действующими в пилонах. Влияние гранитных прокладных рядов на несущую способность кирпичной кладки было оценено при проведении испытания на сжатие особых призм, моделирующих конструкцию пилонов. Из постановления комиссии (протокол № 12 от 14 июня 1954 г.): «Комиссия, заслушав доклад Ю.И. Ягна, отметила, что, по результатам испытаний отдельно кирпичей, раствора, кирпичной кладки и гранитных прокладных рядов, несущая способность пилонов в условиях осевого сжатия может быть оценена предельным напряжением не более 40 кг/кв. см. Напряжения распределяются неравномерно и в некоторых местах кирпичная кладка близка к стадии разрушения» [1]. На основании доклада было сделано заключение комиссии ЛПИ им. М.И.Калинина: «Экспериментальные исследования деформаций и напряжений в пилонах и испытания прочности кирпичной кладки Исаакиевского собора подтверждают вывод о перенапряжении кирпичной кладки центральных пилонов. Проведенное исследование деформаций может претендовать только на некоторое освещение вопроса о порядке имеющихся в пилонах величин деформаций» [2]. Вот так. Такие сложные работы были проведены и такое размытое и не дающее никаких определенных выводов заключение. Но быть может, именно оно спасло Исаакиевский собор от демонтажа купола и замены подкупольных конструкций на более легкие металлоконструкции, проект которых был уже готов. И что бы тогда стало с подкупольной росписью Брюллова? Прошло более полувека и время подтвердило, вывод о том что, возникающие в пилонах трещины не представляют существенной опасности для целостности сооружения.

1. Протоколы постановления комиссии Ленинградского политехнического института по исследованию деформаций в несущих конструкциях Исаакиевского собора. 1953-1955 г.г.
2. Экспертиза здания музея-памятника Исаакиевского собора. ЛПИ им. М.И. Калинина, 1955 г.

Николаева И.П., Яковлева Е.Л.

О реставрации монумента «Медный всадник»

*Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2021-23

Аннотация

Статья посвящена истории реставрации памятника «Медный всадник». В течение всего времени с момента установки памятника проводились наблюдения за его состоянием и выполнялись реставрационные работы. Основные этапы реставрационных работ относятся к 1908, 1909, 1912, 1935, и 1976 годам. В процессе реставраций выполнялись работы внутри статуи, а также работы по ликвидации трещин в бронзовой отливке.

Ключевые слова: Медный всадник, бронзовая отливка, коррозия, трещины, реставрация, железный каркас.

Abstract

The article is devoted to the history of restoration of the Bronze Horseman monument. During the entire time since the installation of the monument, observations were made of its condition and restoration work was carried out. The main stages of restoration work date back to 1908, 1909, 1912, 1935, and 1976 years. During the restorations, work was carried out inside the statue, as well as work to eliminate cracks in the bronze casting.

Key words: Bronze Horseman, bronze casting, corrosion, cracks, restoration, iron frame.