

УДК 69.07

*ПЛЕВКОВ ВАСИЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
pvs@tomsknet.ru,*

*БАЛДИН ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
biwem@yandex.ru*

*САРКИСОВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
milandd@yandex.ru*

*ФУРСОВ ВЛАДИМИР ВАЛЕНТИНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
v_fursov_tomsk@mail.ru*

*ТЮТИН РОМАН ВЛАДИМИРОВИЧ, студент,
svibzis17@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ БЫВШЕГО ТОМСКОГО ЖЕНСКОГО ЕПАРХИАЛЬНОГО УЧИЛИЩА

Представлены особенности обследования и оценки технического состояния строительных конструкций здания бывшего Томского женского епархиального училища. Здание является памятником архитектуры, срок его эксплуатации более 100 лет, проектная и исполнительная документация практически отсутствует, за время эксплуатации не раз менялось его функциональное назначение, изменились нормативная база проектирования и прочностные и деформативные характеристики материалов. Здание на момент обследования имело значительные деформации, вызванные нагрузками, воздействием температур и изменением свойств грунтов основания. К тому же в 2015 г. в здании произошел пожар, и с тех пор оно не эксплуатируется и не имеет теплового контура, должная консервация отсутствует. В статье приведены результаты работы по восстановлению конструктивного решения здания, обследованию технического состояния, выполненным лабораторным исследованиям характеристик материалов и грунтов основания, статическим и проверочным расчетам строительных конструкций. Для каждого вида работ описаны основные особенности и нюансы, возникшие при их выполнении.

Ключевые слова: техническое состояние; строительные конструкции; повреждения; трещины; каменная кладка; прочность; оценка несущей способности; фундамент; силы морозного пучения; глубина промерзания.

*VASILIIY S. PLEVKOV, DSc, Professor,
pvs@tomsknet.ru*

*IGOR V. BALDIN, PhD, A/Professor,
biwem@yandex.ru*

*DMITRIY YU. SARKISOV, PhD, A/Professor,
milandd@yandex.ru*

*VLADIMIR V. FURSOV, PhD, A/Professor,
v_fursov_tomsk@mail.ru*

*ROMAN V. TYUTIN, Student,
svibzis17@mail.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION OF THE FORMER BUILDING OF TOMSK PAROCHIAL SECONDARY SCHOOL FOR GIRLS

The paper presents the assessment of the technical condition of the former building of the Tomsk parochial secondary school for girls. The building is an architectural monument, its operation period is more than 100 years. Its design and executive documentation is practically non-existent, its functional purpose has changed over time, the regulatory design base and the strength and deformation characteristics of materials also changed. At the time of inspection, the building has significant deformations caused by stresses, exposure to temperatures and changes in the properties of the soil base. In addition, in 2015, a fire broke out in the building and since then it has not been operated and has no a thermal circuit due to lack of conservation. The paper presents the results of restoring the structural solution of the building, examining the technical condition, laboratory tests of material and ground parameters, static and verifying calculations of building structures. Each type of work describes the main features and nuances that arise when they are performed.

Keywords: technical condition; building construction; damage; crack; masonry; strength; bearing capacity; frost heaving force; frost penetration.

Обследование технического состояния строительных конструкций зданий-памятников архитектуры имеет ряд специфических особенностей. Возраст таких зданий, как правило, превышает 100 лет, проектная и исполнительская документация отсутствует, нормативная база проектирования и строительства изменена, за длительный период эксплуатации изменились общестроительные нагрузки (снеговые и ветровые), прочностные и деформативные характеристики материалов, сами материалы также не соответствуют действующим современным техническим условиям. При этом здания на момент обследования могут иметь значительные деформации, вызванные нагрузками, воздействием температур и изменением свойств грунтов основания. Таким образом, вопросы, связанные с обследованием технического состояния строительных конструкций таких зданий, являются актуальными и не могут быть решены с использованием стандартных подходов, а требуют разработки специальных программ обследования, учитывающих отмеченные выше особенности.

Комплекс зданий бывшего Томского епархиального женского училища построен в 1907 г. по проекту архитектора К.К. Лыгина [1, 2] и располагается по адресу г. Томск, пр. Кирова, 49 (рис. 1). Здание является объектом культурного наследия.

Здание имеет сложную конфигурацию в плане (рис. 2). Габаритные размеры в осях «А-Я, 1-29» составляют 94,95×101,25 м. Высотная отметка здания в самом высоком месте (шпиль купола над центральным входом) составляет +29,844 м.

В фонде К.К. Лыгина, хранящемся в Томском краеведческом музее, имеются эскизные и рабочие чертежи фасадов, их фрагментов, планов, разрезов, а также отдельный комплект чертежей церкви, и смета на постройку, которые датированы 1907 г.

Трехэтажное здание с подвалом имеет жесткую конструктивную схему. Несущие продольные стены выполнены из каменной кладки толщиной 1100 мм в уровне подвала и 750 мм на 1–3 этажах. Оконные и дверные перемычки в зда-

нии выполнены каменными, а на отдельных участках – металлическими, из прокатного металла или рельсов. Каменные перемычки применены трех видов: лучковые, арочные и клинчатые.



Рис. 1. Общий вид здания бывшего Томского епархиального женского училища:
а – нач. XX в.; б – нач. XXI в.

Основной объем здания выполнен с коридорной системой, при этом ширина коридора (в осях) составляет 4,2 м, а ширина помещений (в осях) – 8,75 м.

Перекрытия над подвалом, первым и вторым этажами устроены в виде каменных сводов (выполнены из красного кирпича на известковом растворе) различных пролетов (от 750 до 1600 мм) по металлическим двутавровым балкам, которые опираются на несущие продольные каменные стены. Перекрытие над третьим этажом выполнено по деревянным балкам.

Фундаменты под несущими каменными стенами выполнены бутовыми, шириной 1460 мм под наружными стенами и 1170 мм под внутренними. Отметка подошвы фундамента –3,850 м.

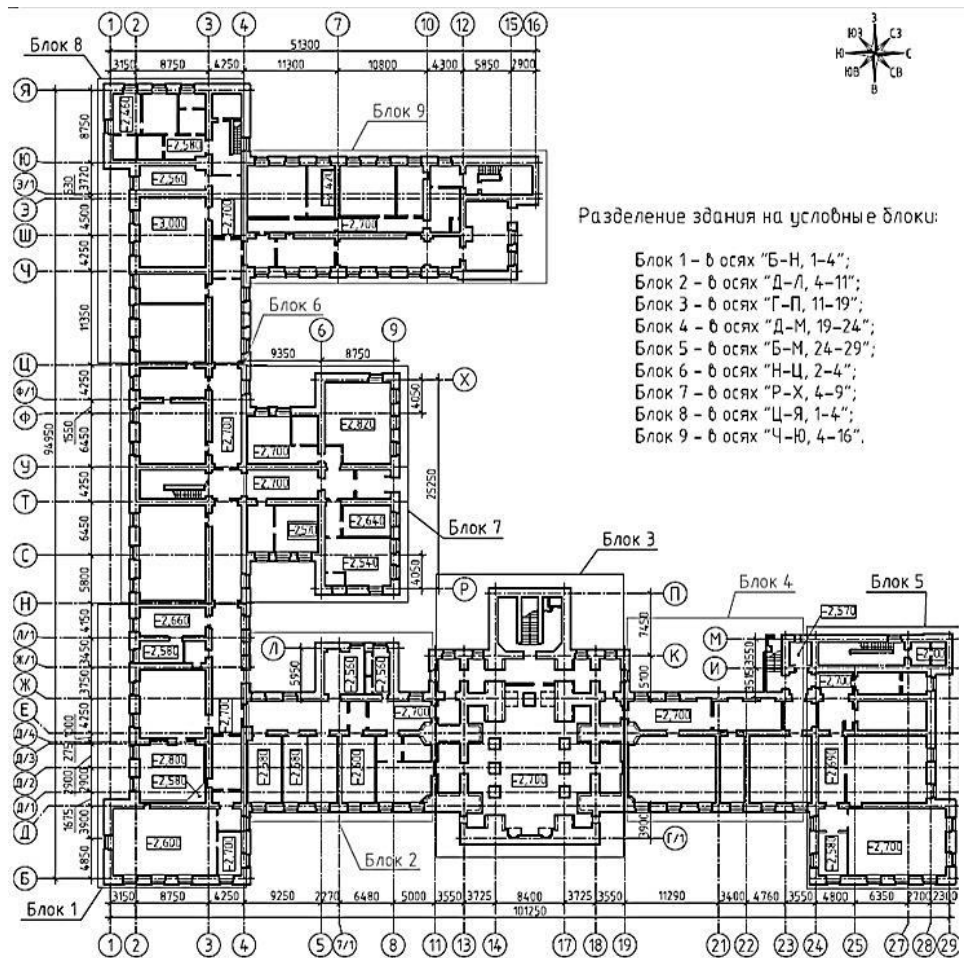


Рис. 2. Характерная схема плана здания

Основной сложностью при восстановлении конструктивного решения здания являлись отсутствие проектной и исполнительной документации, актов на скрытые работы и т. д. В таких условиях особенно важной являлась информация, полученная из сохранившихся архивных материалов.

В фонде К.К. Лыгина, хранящемся в Томском краеведческом музее, имеются эскизные и рабочие чертежи фасадов, их фрагментов, планов, разрезов, а также отдельный комплект чертежей церкви и смета на постройку, которые датированы 1907 г.

Изучение сохранившейся документации помогло восстановить конструктивное решение здания и выявить ряд его особенностей.

Основной композиционный акцент сконцентрирован на центральном ризалите, имеющем богатое объемное пространственное решение, благодаря сосредоточению здесь таких важных функционально-планировочных элементов, как входная часть (первый этаж) и двусветная церковь с хорами (второй и третий этажи). Центральный ризалит завершается полукруглым куполом на

восьмигранном световом барабане. На передней части ризалита, над главным входом, располагается объем апсиды, который увенчан небольшой звонницей, покоящейся на треугольном фронте. Боковые ризалиты не имеют акцентных частей, хотя в проекте предполагалось увенчать башенками объемы лестничных блоков. Также архитектором были заложены некоторые оригинальные решения, например устройство каменных арок обратной направленности для разгрузки фундаментов в центральной части здания в осях «Г/1-К, 13-18». Разрез здания и арка обратной направленности приведены на рис. 3. Более подробно информация об архитектурных решениях приведена в работе [3].

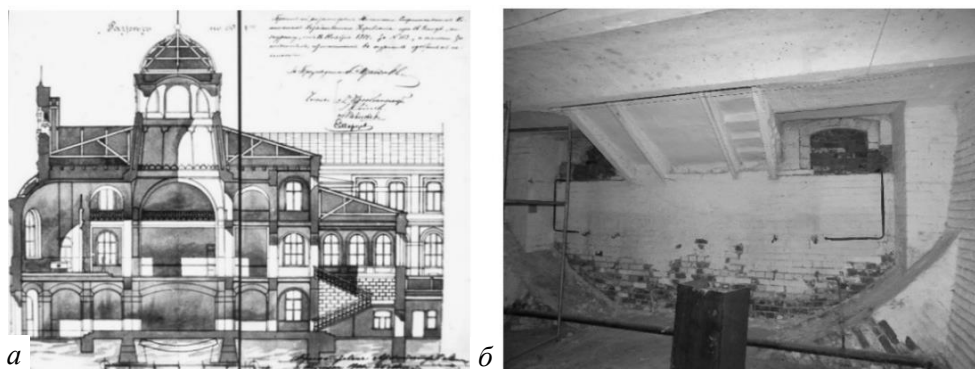


Рис. 3. Разрез здания (а) и каменная арка обратной направленности (б)

С 1907 до 1920 г. в здании располагалось епархиальное женское училище. В 1917 и 1918 гг. здание использовалось для квартирования полков. С 1920 по 1965 гг. в здании располагались госпитали, окружной и военный эвакуационный № 334. В 1965 г. в здании был открыт факультет военной медицины при Томском медицинском институте. В 1998 г. на базе Военно-медицинского факультета Сибирского государственного медицинского университета создан Томский военно-медицинский институт, который в 2010 г. был расформирован. С 2010 г. по настоящее время здание не эксплуатировалось и находилось на балансе администрации г. Томска.

За длительный период эксплуатации здания, в том числе в последнее время при отсутствии его должной консервации, строительные конструкции получили различной степени повреждения, особенно после случившегося пожара в августе 2015 г., в результате которого были частично уничтожены деревянные конструкции крыши, повреждены чердачные и междуэтажные перекрытия. Очаг пожара находился в уровне крыши, слева от центрального входа в осях «Д-Ж, 4-11». По различным данным, потушить пожар не удалось в течение 20 ч. В связи с погодными условиями и отсутствием части крыши, строительные конструкции здания продолжают подвергаться негативному воздействию атмосферных факторов, значительно снижающему прочность и долговечность конструкций.

В ноябре – декабре 2015 г. специалистами трех организаций (ТГАСУ, ООО «Томскремстройпроект» и АОПИ «Сибспецстройреставрация») было

выполнено комплексное инструментальное обследование технического состояния строительных конструкций здания, инженерных сетей и коммуникаций.

В связи с почти полным отсутствием технической документации на здание в первую очередь были выполнены детальные обмерные работы, в результате которых были восстановлены чертежи планов подвала и этажей, фасады, поперечные и продольные разрезы, установлено конструктивное решение перекрытий, лестничных клеток, фундаментов, купола и т. д. Выполнена геодезическая съемка по фасадам, установлены отметки. В ходе выполнения обмерных работ для восстановления планов этажей были выполнены тысячи замеров, физически были промерены и установлены параметры (пролет, стрела подъема, толщина) свыше тысячи каменных сводов перекрытия. На все элементы перекрытий составлены спецификации с указанием параметров и количества конструкций. Для установления фактической конструкции полов и конструктивного решения фундаментов были вскрыты десятки зондажей и шурфов (рис. 4). При выполнении работ по обследованию здания применялись подходы, изложенные в работах авторов [4–8, 15–18, 21].

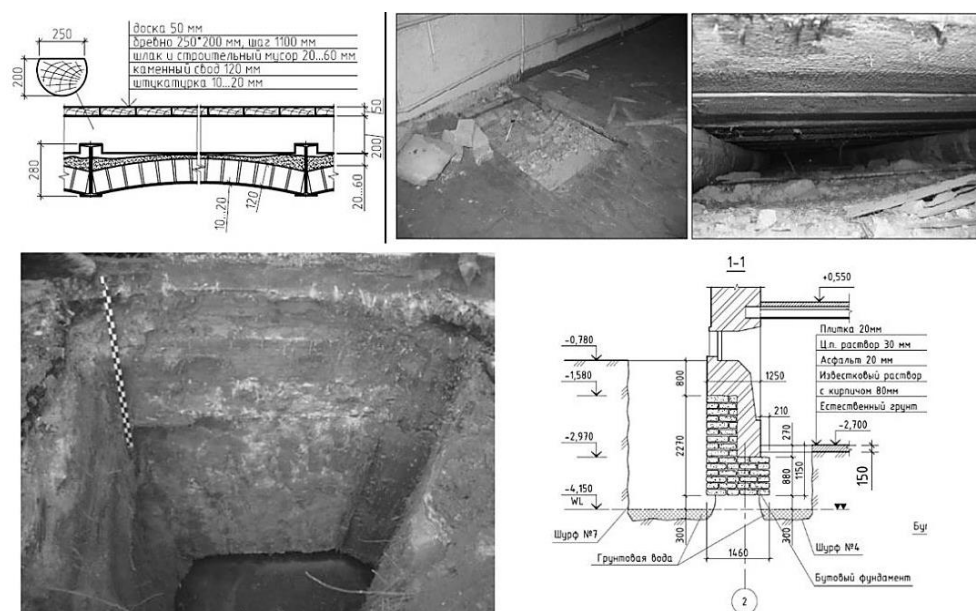


Рис. 4. Характерные вскрытые зондажи (а) в перекрытии и шурфы (б) у фундаментов

Наибольшие повреждения в виде трещин и температурных деформаций получили каменные конструкции стен и сводов всех этажей на участке пожара. При тушении пожара строительные конструкции были интенсивно увлажнены, при этом каменная кладка и известковый раствор хорошо впитывают влагу, и при отрицательных температурах при образовании льда в кладке стен и сводов развивались дополнительные деструктивные процессы. Отмечено, что практически все металлические двутавровые балки перекрытий подвержены коррозии.

В других частях здания в стенах и сводах перекрытия также были зафиксированы многочисленные трещины, локальные разрушения кладки, сквозные отверстия, пробитые механическим способом при устройстве коммуникаций, замачивание и обрушение штукатурного слоя. Также было выявлено, что в местах примыкания некоторых частей здания к основной части образовались сквозные трещины в каменных сводах и стенах, которые вызваны неравномерными деформациями фундаментов. При вскрытии шурфов у фундаментов здания было выявлено, что они обводнены. Наиболее выраженные трещины были отмечены у осей «24, Д-М» и «4, С-Ф». Такие трещины начинаются в каменных сводах и опускаются в стены, иногда переходя в надоконные перемычки, и имеют ширину раскрытия 10–20 мм.

В результате выполненного обследования технического состояния строительных конструкций были составлены детальные схемы дефектов и повреждений конструкций по всем участкам стен и перекрытий, а также по дверным и оконным перемычкам здания. Для удобства отображения графической информации здание было разбито на 9 условных блоков. В итоге было сформировано более 80 л. формата А3 со схемами повреждений. В ходе выполнения работ сделаны тысячи фотографий, отражающих повреждения строительных конструкций здания.

Для определения фактических прочностных характеристик материалов каменной кладки стен и сводов были использованы разрушающие и неразрушающие методы контроля. Для выполнения работ были применены измерители прочности строительных материалов «Оникс-2.6» и Beton-Pro-Condrol, а также измеритель времени распределения ультразвука «Пульсар-1.2». Согласно действующим нормативным документам по реставрации зданий, определение прочностных характеристик материалов должно осуществляться на каждые 15 м² площади стен и сводов. В связи с этим были определены сотни участков стен и сводов для определения характеристик материалов, при этом часть участков пришлось предварительно зачищать от штукатурного слоя. На основании полученных данных были построены изополя распределения прочностных характеристик кладки по стенам и каменным сводам перекрытий, выявлены участки с заниженной прочностью камня и раствора. Затем с использованием компьютерной программы была выполнена статистическая обработка полученных данных и получены прочностные характеристики материалов кладки с доверительной вероятностью не менее 95 %. Полученные изополя распределения прочностных характеристик каменной кладки были использованы при оценке прочности каменных стен и сводов здания.

Для проведения лабораторных исследований в испытательном центре строительных конструкций Томского государственного архитектурно-строительного университета (ТГАСУ) были отобраны образцы кирпича и раствора. Испытания проводились согласно требованиям современной нормативной литературы на гидравлическом прессе. Образцы кирпича были испытаны на изгиб и на сжатие, образцы раствора – на сжатие. Подходы к проведению лабораторных исследований в ТГАСУ отражены в работах [9, 10].

Подобные работы были выполнены и для определения прочностных характеристик материалов бутовых фундаментов здания.

Кроме того, для оценки несущей способности перекрытий потребовалось определить физико-механические характеристики и химический состав металла двутавровых балок, изготовленных более 100 лет назад.

Исследования проводились на отобранных углошлифовальной машиной вырезках металла. Изготовление образцов было произведено на токарном станке, также производилась очистка вырезок от продуктов коррозии. В результате подготовительных работ были получены образцы для испытания. В процессе изготовления образцов проводили отбор металлической стружки для определения химического состава и марки стали.

Химический состав материала вырезок определяли в специализированной лаборатории методами «мокрой химии» по содержанию хрома, марганца, кремния и углерода. Для анализа наличия хрома использовался калориметр фотоэлектрический КФК-2МП. Метод основан на окислении дифенилкарбазида хромом (IV) в сернокислой среде до окрашенного в красно-фиолетовый цвет соединения и измерении оптической плотности окрашенного раствора при длине волны 546 нм. Содержание марганца также определялось при окислении двухвалентного марганца в сернокислом растворе до семивалентного надсернокислым аммонием в присутствии азотнокислого серебра. Полученную марганцовую кислоту оттитровывали раствором арсенит нитрита натрия. Метод определения кремния основан на образовании кремнемолибденового комплекса в слабокислой среде, восстановлении его аскорбиновой кислотой в присутствии сернокислой меди до кремнемолибденовой сини и измерении оптической плотности окрашенного раствора при длине волны 810 нм при помощи того же фотоэлектрического калориметра. Углерод определяли при сжигании навески стали в токе кислорода при 1250–1350 °С с последующим поглощением образующегося диоксида углерода раствором гидроксида калия (натрия).

Проведенные исследования показали наличие следующих химических компонентов в % масс: С – 0,033–0,035; Mn – 0,255–0,261; Si – 0,027–0,029; Cr – 0,017–0,019; Fe – основа.

Статические испытания на растяжение производили на испытательной машине Р10, при этом определяли предел текучести, предел прочности и относительное удлинение, которые соответственно составили: 236,5–238,8; 365,6–370,1 МПа и 27,4–30,3 %.

На основании выполненных геологических изысканий и лабораторных исследований монолитов грунтов из-под подошв фундаментов были получены нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов.

Исследования свойств грунтов во вскрытых шурфах позволили установить, что основанием фундаментов служат слабые грунты, сильнопучинистые при промерзании: супеси пылеватые пластичной и текучей консистенции и суглинки легкие песчаные мягкопластичной, текучепластичной и текучей консистенции. Установившийся уровень подземных вод типа «верховодки» находится на глубине 3,2–3,8 м от поверхности, что на 0,2–0,3 м ниже подошвы фундаментов.

Ранее было установлено [6], что наиболее опасным является промерзание грунтов в основании фундаментов через подвалы строящихся и длительно неэксплуатируемых неотапливаемых зданий. Полное оттаивание грунтов за ве-

сенне-летний период под такими зданиями затруднено, и происходит ежегодное увеличение промёрзшего слоя в основании фундаментов, которое может достигать более 4 м. В настоящее время обследованное здание по пр. Кирова, 49, не отапливается в течение более пяти лет, что приводит к промерзанию грунтов оснований и развитию неравномерных деформаций морозного пучения, особенно заметных по вспученным полам в подвалах (до 15 см и более).

В период оттаивания промороженные глинистые грунты существенно ухудшают свои прочностные и деформационные свойства [6, 11, 12]. Экспериментально доказано, что разупрочнение их составляет 30–50 %, и оно существенно уменьшает несущую способность оснований. Осадки оттаивающих оснований носят характер неравномерных и быстро протекающих просадок, приводящих в ряде случаев к потере эксплуатационной пригодности и авариям зданий и сооружений.

Для предотвращения дальнейшего негативного развития процессов в основании обследованного здания по пр. Кирова, 49, необходимо в кратчайший срок выполнить работы по созданию теплового контура в подвале здания и обеспечить положительную температуру воздуха ($\approx +5$ °С) в помещениях, прилегающих к фундаментам, для предотвращения дальнейшего промерзания пучинистых грунтов из подвальной части, где заложение фундаментов от пола составляет 1,15–1,6 м.

С целью контроля ширины и заглубления фундаментов на участках, на которых не вскрывались шурфы, были выполнены исследования радиолокационным методом. В работе был использован промышленный сертифицированный георадар ОКО-М1 с рабочей частотой антенного блока 500 МГц. Было проведено георадарное зондирование фундаментов здания под наружными стенами на 12 участках. Принцип зондирования заключался в излучении и приеме отраженных электромагнитных импульсов от материалов с разной диэлектрической проницаемостью. По измеренному времени распространения сигнала до границы фундамента и известной скорости распространения сигнала определялась глубина расположения подошвы фундамента относительно зондируемой поверхности.

Необходимо выполнить мониторинг деформаций конструкций здания на период реконструкции и дальнейшей его эксплуатации, включающей регулярные геодезические наблюдения.

Для оценки несущей способности строительных конструкций здания были собраны фактически действующие нагрузки с учетом современных норм проектирования. Нужно отметить, что с момента проектирования и строительства здания изменилась нормативная база: значения снеговых и ветровых нагрузок, а также временных нагрузок на перекрытия. На многих участках было изменено конструктивное решение полов и перегородок.

Оценка несущей способности выполнена для основных строительных конструкций здания: фундаментов, стен, элементов перекрытий.

Для определения экстремальных значений усилий в элементах каменных сводов междуэтажных перекрытий и стен здания были выполнены статические расчеты пространственных систем сводов с использованием интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office

[22, 23]. Для проведения расчетов были выбраны характерные участки перекрытий над подвалом, первым и вторым этажами, для которых составлены пространственные конечно-элементные расчетные схемы. Основные особенности при моделировании каменных конструкций и создании расчетных схем с использованием метода конечных элементов приведены в работах [24–30]. При этом были выполнены статические расчеты каменных сводов и стен здания в различных вариантах: с учетом фактических прочностных характеристик материалов (значение модуля упругости для каждого конечного элемента задавалось численно и корректировалось в соответствии с ранее полученными изопольями прочности и результатами лабораторных испытаний кирпича и раствора кладки); для различных участков стен и сводов моделировались выявленные в них повреждения и оценивалась несущая способность и деформативность с учетом повреждений и без них; для ряда элементов рассматривались схемы с заданными начальными перемещениями опор, для других элементов за начальную схему была принята деформированная схема, выявленная при проведении обследования; кроме того, анализировалось напряженно-деформированное состояние при вариации степени жесткости опорных закреплений. В результате статических расчетов были получены значения перемещений узлов пространственной системы, усилия и напряжения в элементах от каждого нагружения и от расчетных комбинаций нагружений, расчетные сочетания усилий в элементах кирпичных сводов и металлических балок.

Статические расчеты показали, что максимальные прогибы каменных сводов и металлических балок перекрытий не превышают допустимых современными нормами значений, при этом запасы составляют до 30 %.

Проверочные расчеты стен показали, что при действующих нагрузках и фактических характеристиках материалов несущая способность стен обеспечена, минимальные коэффициенты запаса прочности составляют $K = 1,38–1,51$. При минимальной прочности кирпича и раствора максимальные растягивающие напряжения в направлении оси Y (по перевязанному сечению) при действии максимальных нагрузок (в местах опирания на металлические балки в середине пролета в зонах установки перегородок) превышают значения расчетного сопротивления кладки. На остальных участках напряжения не превышают расчетного сопротивления. Прочность элементов каменных сводов при внецентренном сжатии обеспечивается, минимальный коэффициент запаса равен $K = 1,088$.

Анализ проверочных расчетов показал, что при действующих нагрузках и фактической прочности стали несущая способность металлических балок сводов междуэтажных перекрытий обеспечивается, минимальный коэффициент запаса прочности $K = 1,01–1,49$.

Расчеты фундаментов показали, что они находятся в предельно нагруженном состоянии, степень их загрузки около 94 %.

При разработке проекта на усиление и восстановление строительных конструкций здания могут быть использованы работы [13, 14, 19, 20].

В результате совместной согласованной работы относительно небольшого числа специалистов в сжатые сроки (около 1,5 месяцев) было выполнено детальное комплексное обследование технического состояния здания памятника архитектуры регионального значения по пр. Кирова, 49, в г. Томске.

В результате работы была сформирована техническая документация в объеме около 1000 листов текстовой части и свыше 300 листов графической части, в которой есть все необходимые данные для разработки проекта реконструкции здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баландин, С.Н.* Творческое наследие архитектора К.К. Лыгина в Томске / С.Н. Баландин, В.Г. Залесов ; под ред. Д.Я. Резуна // Памятники истории, археологии и архитектуры Сибири. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 157–167.
2. *Залесов, В.Г.* Константин Константинович Лыгин / В.Г. Залесов, Т.Н. Манонина // Томские зодчие прошлых веков. – Томск : Стандарт, 2004. – С. 11–14.
3. *Залесов, В.Г.* Архитектура учебного комплекса епархиального женского училища в Томске / В.Г. Залесов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 1. – С. 41–49.
4. *Оценка технического состояния* строительных конструкций зданий и сооружений / Г.П. Тонких, В.С. Плевков, А.И. Мальганов, О.В. Кабанцев. – 3-е изд. – Томск : Печатная мануфактура, 2009. – 205 с.
5. *Нарушения при эксплуатации и диагностика* технического состояния вышки молниеотвода дегазационной установки / А.В. Невидомская, Л.В. Иваненко, О.Ю. Тигай, Д.Ю. Саркисов // Современные тенденции в науке и образовании : сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 6 ч. – ООО «Ар-Консалт». 2014, – С. 140–141.
6. *Некоторые особенности технического состояния* железобетонных конструкций, оснований и фундаментов здания после длительного перерыва в строительстве / В.С. Плевков, И.В. Балдин, В.В. Фурсов, М.В. Балюра // Вестник Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 3. – С. 82–91.
7. *Комплексное методическое обеспечение* для проведения лабораторных работ по курсу «Железобетонные конструкции» / В.С. Плевков, И.В. Балдин, Н.К. Ананьева, Д.Ю. Саркисов // Высшее образование сегодня. – 2014. – № 11. – С. 83–85.
8. *Плевков, В.С.* Лабораторные работы по курсу «Железобетонные и каменные конструкции» / В.С. Плевков, А.И. Мальганов, И.В. Балдин ; под ред. В.С. Плевкова. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 189 с.
9. *Мальганов, А.И.* Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А.И. Мальганов, В.С. Плевков, А.И. Полищук. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1992. – 456 с.
10. *Плевков, В.С.* Восстановление несущей способности железобетонного каркаса кардиологического центра в г. Кемерово / В.С. Плевков, И.В. Балдин, М.Е. Гончаров // Наука и безопасность. – 2011. – № 1 (9). С. 31–36.
11. *Рекомендации по определению значений модуля деформации грунтов* по результатам компрессионных испытаний с использованием региональных корректировочных коэффициентов. Региональные нормативы градостроительного проектирования Томской области / Администрация Томской области. – Томск, 2007. – 22 с.
12. *Основания и фундаменты зданий* в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов / М.А. Малышев, В.В. Фурсов, М.В. Балюра, Л.А. Рождественская. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1992. – 280 с.
13. *Мальганов, А.И.* Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений / А.И. Мальганов, В.С. Плевков. – Томск : Печатная мануфактура, 2002. – 391 с.
14. *Альбом конструктивных решений* по сейсмоусилению каменных зданий и сооружений / Г.П. Тонких, А.С. Морозов, К.А. Демидов [и др.] ; под общ. ред. Г.П. Тонких, О.В. Кабанцева. – Томск; М. : Печатная мануфактура, 2010. – 114 с.
15. *Грахов, В.П.* Комплексное обследование зданий и сооружений / В.П. Грахов, Н.М. Якушев, А.Ю. Ложкина // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 1. – С. 116–118.

16. Ремнев, В.В. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений / В.В. Ремнев, А.С. Морозов, Г.П. Тонких. – М., 2005. – 196 с.
17. Семенов, С.В. Методика проведения обследований и мониторинга технического состояния зданий и сооружений с использованием передовых технологий / С.В. Семенов, М.М. Орехов, В.И. Волков. – СПб., 2003. – 76 с.
18. Васильев, И.М. Обследование и испытание зданий и сооружений / И.М. Васильев – СПб. : Гос. политехн. у-нт. – СПб., 2003. – 124 с.
19. Митасов, В.М. Разработки по обследованию, усилению, восстановлению, реконструкции зданий и сооружений и испытанию строительных конструкций / В.М. Митасов, В.М. Добрачев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 3. – С. 122–123.
20. Бедов, А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций / А.И. Бедов, А.И. Габитов. – М., 2006. – 568 с.
21. Иванов, Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт / Ю.В. Иванов. – М. : Изд-во АСВ, 2013. – 312 с.
22. Семенов, А.А. Расчет усиления элементов и соединений с использованием вычислительного комплекса Scad Office / А.А. Семенов, А.А. Маляренко. – М. : Scad soft; Издательский дом «АСВ», 2014. – 220 с.
23. Scad Office реализация СНиП в проектирующих программах / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, М.А. Микитаренко [и др.]. – М. : Скад Софт, 2010. – 432 с.
24. Seismic vulnerability assessment of a monumental masonry building / G. Castori, A. Borri, A. De Maria, M. Corradi, R. Sisti // Engineering Structures. – 2017. – V. 136. – P. 454–465.
25. Assessment of seismic behaviour of heritage masonry buildings using numerical modeling / F. Clementi, V. Gazzani, M. Poiani, S. Lenci // Journal of Building Engineering. – 2016. – V. 8. – P. 29–47.
26. 3D macro-element modelling approach for seismic assessment of historical masonry churches / B. Panto, F. Cannizzaro, S. Caddemi, I. Calio // Advances in Engineering Software. – 2016. – V. 97. – P. 40–59.
27. Bocciarelli, M. A numerical procedure for the pushover analysis of masonry towers / M. Bocciarelli, G. Barbieri // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2017. – V. 93. – P. 162–171.
28. Seismic vulnerability assessment of historical masonry structural systems / P.G. Asteris, M.P. Chronopoulos, C.Z. Chrysostomou, H. Varum // Engineering Structures. – 2014. – V. 62–63. – P. 118–134.
29. Pikhaver, J.A. An equivalent beam method to model masonry buildings in 3D finite element analysis / J.A. Pikhaver, H.J. Burd, G.T. Houlsby // Computers & Structures. – 2010. – V. 88. – Is. 19–20. P. 1049–1063.
30. Addessi, D. An equilibrated macro-element for nonlinear analysis of masonry structures / D. Addessi, A. Mastrandrea, E. Sacco // Engineering Structures. – 2014. – V. 70. – P. 82–93.

REFERENCES

1. Balandin S.N., Zalesov V.G. Tvorcheskoe nasledie arkhitekta K.K. Lygina v Tomske [Artistic heritage of architect K.K. Lygin in Tomsk]. Pamyatniki istorii, arkhologii i arkhitektury Sibiri. Novosibirsk: Nauka Publ., 1989. Pp. 157–167. (rus)
2. Zalesov V.G., Manonina T.N. Konstantin Konstantinovich Lygin [Konstantin Konstantinovich Lygin]. Tomskie zodchie proshlykh vekov. Tomsk: Standart, 2004. Pp. 11–14. (rus)
3. Zalesov V.G. Arkhitektura uchebnogo kompleksa eparkhial'nogo zhenskogo uchilishcha v Tomske [Architecture of training complex of diocesan female school in Tomsk]. Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2012. No 1. Pp. 41–49. (rus)
4. Tonkikh G.P., Plevkov V.S., Malganov A.I., Kabantsev O.V. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Evaluation of technical condition of constructions and structures]. Tomsk: Pechatnaya manufaktura, 2009. 205 p. (rus)
5. Nevidomskaja, A.V., Ivanenko L.V., Tigay O.Yu., Sarkisov D.Yu. Narusheniya pri ehkspluatacii i diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya vyshki molnieotvoda degazacionnoj ustanovki [Disturbances during operation and diagnosis of technical condition of the tower lightning degas-

- sing unit]. *Proc. Int. Sci. Conf. 'Modern Tendencies in Science and Education'*, ООО "Ar-Konsalt". 2014. Pp. 140–141. (rus)
6. Plevkov V.S., Baldin I.V., Fursov V.V., Balura M.V. Nekotorye osobennosti tekhnicheskogo sostoyaniya zhelezobetonnykh konstrukcii, osnovanij i fundamentov zdaniya posle dlitel'nogo pereryva v stroitel'stve [Technical state of reinforced concrete structures, building foundations and basements after a long break in construction] *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2009. No. 3. Pp. 82–91. (rus)
 7. Plevkov V.S., Baldin I.V., Ananeva N.K., Sarkisov D.Yu. Kompleksnoe metodicheskoe obespechenie dlya provedeniya laboratornykh rabot po kursu 'Zhelezobetonnye konstrukcii' [Methodological support for laboratory work on concrete structures]. *Visshee obrazovanie segodnya*. 2014. No. 11. Pp. 83–85. (rus)
 8. Plevkov V.S., Malganov A.I., Baldin I.V. Laboratornye raboty po kursu zhelezobetonnye i kamennye konstrukcii [Laboratory work on reinforced concrete and stone structures]. Moscow: ASV Publ., 2008. 189 p. (rus)
 9. Molganov A.I., Plevkov V.S., Polishchuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstrukcij avariynykh i rekonstruiemykh zdaniy [Restoration and reinforcement of civil structures of emergency and renovated buildings]. Tomsk: TSU Publ., 1992. 456 p. (rus)
 10. Plevkov V.S., Baldin I.V., Goncharov M.E. Vosstanovlenie nesushchej sposobnosti zhelezobetonного karkasa kardiologicheskogo centra v g. Kemerovo [Restoration of bearing capacity of reinforced concrete frame cardiology center in Kemerovo]. *Nauka i bezopasnost*. 2011. No. 1 (9). Pp. 31–36. (rus)
 11. *Rekomendatsii po opredeleniyu znacheniy modulya deformatsii gruntov po rezul'tatam kompressionnykh ispytaniy s ispol'zovaniyem regionalnykh korrektsionnykh koeffitsiyentov. Regionalnye normativy gradostroitel'nogo proyektirovaniya Tomskoy oblasti* [Recommendations on determining soil deformation modulus based on the results of compression tests using regional adjustment factors. The regional urban planning regulations of the Tomsk region]. Tomsk: Tomsk Oblast Administration, 2007. 22 p. (rus)
 12. Malyshev M.A., Fursov V.V., Balura M.V., Rozhdestvenskaya L.A. Osnovaniya i fundamentey zdaniy v usloviyakh glubokogo sezonnogo promerzaniya gruntov [Foundations of buildings at deep seasonal soils freezing]. Tomsk: TSU Publ., 1992. 280 p. (rus)
 13. Malganov A.I., Plevkov V.S. Vosstanovleniye i usileniye ograzhdayushchikh stroitel'nykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy [Restoring and strengthening the enclosing structures of buildings and structures]. Tomsk: Pechatnaya manufaktura, 2002. 391 p. (rus)
 14. Tonkikh G.P., Morozov A.S., Demidov K.A., et al. Albom konstruktivnykh resheniy po seismousileniyu kamennykh zdaniy i sooruzheniy [Album constructive decisions on seismic stone buildings]. Moscow; Tomsk: Pechatnaya manufaktura, 2010. 114 p. (rus)
 15. Grakhov V.P., Yakushev N.M., Lozhkina A.Yu. Kompleksnoye obsledovaniye zdaniy i sooruzheniy [Comprehensive survey of buildings and structures]. *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*. 2014. No. 1. Pp. 116–118. (rus)
 16. Remnev V.V., Morozov A.S., Tonkikh G.P. Obsledovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy [Inspection of technical condition of constructions and structures]. Moscow, 2005. 196 p. (rus)
 17. Sementsov S.V., Orekhov M.M., Volkov V.I. Metodika provedeniya obsledovaniy i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy s ispol'zovaniyemпередovykh tekhnologiy [Methodology of survey and monitoring of building and structure technical condition using advanced technology]. St-Petersburg, 2003. 76 p. (rus)
 18. Vasiliev I.M. Obsledovaniye i ispytaniye zdaniy i sooruzheniy [Inspection and testing of buildings and structures]. St-Petersburg, 2003. 124 p. (rus)
 19. Mitasov V.M., Dobrachev V.M. Razrabotki po obsledovaniyu, usileniyu, vosstanovleniyu, rekonstruksii zdaniy i sooruzheniy i ispytaniyu stroitel'nykh konstruksiy [Engineering survey, strengthening, restoration, reconstruction of buildings and structures and testing of building structures]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo*. 2010. No. 3. Pp. 122–123. (rus)
 20. Bedov A.I., Gabitov A.I. Proyektirovaniye, vosstanovleniye i usileniye kamennykh i armokamennykh konstruksiy [Design, restoration and strengthening of stone and reinforced masonry structures]. Moscow, 2006. 568 p. (rus)

21. *Ivanov Yu.V.* Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy: usileniye, vosstanovleniye, remont [Reconstruction of buildings and structures: reinforcement, restoration, repair]. Moscow: ASV Publ., 2013. 312 p. (rus)
22. *Semenov A.A., Malyarenko A.A.* Raschet usileniya elementov i soyedineniy s ispolzovaniyem vychislitel'nogo kompleksa Scad Office [Calculation of element and connection reinforcement using SCAD Office computer system]. Moscow: SKAD SOFT Publ., ASV Publ., 2014. 220 p. (rus)
23. *Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Mikatarenko M.A., et al.* SCAD Office realizatsiya SNiP v proyektiruyushchikh programmakh [SCAD Office implementation of SNiP in design programs]. Moscow: SKAD SOFT Publ., 2010. 432 p. (rus)
24. *Castori G., Borri A., De Maria A., Corradi M., Sisti R.* Seismic vulnerability assessment of a monumental masonry building. *Engineering Structures*. 2017. V. 136. Pp. 454–465.
25. *Clementi F., Gazzani V., Poiani M., Lenci S.* Assessment of seismic behaviour of heritage masonry buildings using numerical modelling. *Journal of Building Engineering*. 2016. V. 8. Pp. 29–47.
26. *Panto B., Cannizzaro F., Caddemi S., Calio I.* 3D macro-element modelling approach for seismic assessment of historical masonry churches. *Advances in Engineering Software*. 2016. V. 97. Pp. 40–59.
27. *Massimiliano Bocciarelli, Gaia Barbieri.* A numerical procedure for the pushover analysis of masonry towers. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2017. V. 93. Pp. 162–171.
28. *Asteris P.G., Chronopoulos M.P., Chrysostomou C.Z., Varum H. et al.* Seismic vulnerability assessment of historical masonry structural systems. *Engineering Structures*. 2014. V. 62–63. Pp. 118–134.
29. *Pickhaver J.A., Burd H.J., Houslyby G.T.* An equivalent beam method to model masonry buildings in 3D finite element analysis. *Computers & Structures*. 2010. V. 88. No. 19–20. Pp. 1049–1063.
30. *Adessi D., Mastrandrea A., Sacco E.* An equilibrated macro-element for nonlinear analysis of masonry structures. *Engineering Structures*. 2014. V. 70. Pp. 82–93.