DOI: 10.15593/2224-9826/2015.2.10

УДК 69.059.72

А.И. Полищук¹, А.А. Петухов², А.А. Тарасов²

¹Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Томск, Россия

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДВАЛЬНОЙ ЧАСТИ АДМИНИСТРАТИВНО-ТОРГОВОГО ЗДАНИЯ

Рассматривается реконструкция подвала двухэтажного кирпичного здания в г. Томске. Основные задачи реконструкции включали: увеличение площади подвала; увеличение высоты помещений подвала до 3,0 м по всей площади и до 4,5 м в отдельной части; расширение существующих проемов до 2,0 м; устройство в несущих стенах подвала новых дверных проемов шириной 3,5 м; устройство новых входных узлов и др. По результатам обследования и оценки технического состояния выявлены строительные конструкции подвала (фундаменты, стены, простенки, перекрытия), которые находятся в ограниченно работоспособном, аварийном состоянии и нуждаются в восстановлении. По результатам проведенных гидрогеологических наблюдений определены условия формирования подземных вод в основании фундаментов здания, установлены причины и источники замачивания основания. Для решения вопроса углубления пола в отдельной части подвала до 4,5 м дополнительно с инженерными расчетами выполнялась оценка напряженно-деформированного состояния грунтов основания (с использованием программных комплексов). Численное моделирование этапов углубления подвала и переустройства фундаментов позволило оценить развитие дополнительных осадок фундаментов здания и разработать технологическую последовательность их усиления. Увеличение глубины подвала до 4,5 м привело к необходимости переустройства на отдельных участках фундаментов здания в свайные с заглублением подошвы ростверка на 1,4 м ниже подошвы существующих фундаментов с устройством инъекционных свай. Основной сложностью принятого решения являлось как углубление подвала, так и устройство широких дверных проемов в несущих стенах подвала, которые фактически изменили конструктивную схему подвала здания на рассматриваемом участке. Технические решения включали восстановление и усиление надфундаментных конструкций подвала (стен, простенков, перекрытий подвала и др).

Ключевые слова: реконструкция, углубление подвала, дефекты и повреждения строительных конструкций, инженерно-геологические условия, обследование грунтов несущего слоя, гидрогеологические наблюдения, техногенное замачивание, численное моделирование, оценка напряженно-деформированного состояния грунтов основания, Plaxis, усиление фундаментов, усиление стен и перекрытий, переустройство фундаментов, инъекционные сваи, геотехнический мониторинг.

A.I. Polishchuk¹, A.A. Petukhov², A.A. Tarasov²

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russian Federation

RECONSTRUCTION OF BASEMENT PART OF THE ADMINISTRATIVE AND TRADE BUILDING

Reconstruction of the cellar of the two-storeyed brick building in Tomsk is considered. The main objectives of reconstruction included: increase in the area of the cellar; increase in height of rooms of the cellar to 3,0 m on all area and to 4,5 m in separate part; expansion of the existing apertures to 2,0 m; the device in bearing walls of the cellar of new doorways width 3,5 m; construction of new entrance knots and others. By results of inspection and an assessment of technical condition construction designs of the cellar (the foundations, walls, piers, overlappings) are revealed which are in a limited and efficient, critical condition and need restoration. By results of the made hydrogeological observations conditions of formation of underground waters in the bed of the foundations of the building are defined, the reasons and sources of soaking of the bed are defined. For the solution of a question of deepening of a floor in separate part of the cellar to 4,5 m in addition with engineering methods of calculations the assessment of the intense deformed condition of soil of the bed was carried out. Numerical modeling of stages of deepening of a floor of the cellar and a reorganization of the foundations allowed to estimate extent of development additional a deposit of the foundations of the building and to develop technological sequence of their strengthening. The increase in depth of the cellar to 4,5m resulted in need of a reorganization on a separate site of the foundations of the building in raft foundation with deepening, on 1,4m lower than a sole of the existing foundations with the construction of injection piles. The main complexity of this decision was both deepening of the cellar, and the construction of wide doorways in bearing walls of the cellar which actually changed the constructive scheme of the cellar of the building on this site. Technical solutions also included decisions on restoration and strengthening of above-foundation constructions of the cellar (walls, piers, overlappings of the cellar and others).

Keywords: reconstruction, deepening of the cellar, defects and damages of building constructions, engineering-geological conditions, inspection of soil of the bearing layer, hydrogeological supervision, technogenic soaking, numerical modeling, assessment of the tensely deformed state of soil of the beds, Plaxis, strengthening of the foundations, strengthening of walls and overlappings, reorganization of the foundations, injection piles, geotechnical monitoring.

1. Общие сведения

Большинство каменных зданий исторической постройки г. Томска возведены в период 1850–1900 гг. За период их длительной эксплуатации (более 100 лет) в строительных конструкциях накопилось значительное количество дефектов и повреждений. Физический износ таких зданий достигает 60 % и более, поэтому они нуждаются в восстановлении. При реконструкции (восстановления) зданий часто ставится задача увеличения рабочих площадей путем строительства дополнительных блоков (пристроек), переоборудования ранее не эксплуатируемых подвалов в эксплуатируемые помещения с их углублением либо надстройки дополнительных этажей. Характерным примером служит реконструкция здания административно-торгового центра «Аркада» (рис. 1) по пр. Ле-

нина, 113 в г. Томске. Научное обоснование его реконструкции осуществлялось сотрудниками кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений» Томского государственного архитектурно-строительного университета в период с 2007 по 2010 г.⁴

2. Краткие исторические сведения о реконструируемом здании

Административно-торговое здание расположено в центральной части г. Томска. Здание в плане состоит из нескольких частей (рис. 2), построенных в разное время и объединенных под одну крышу. Наиболее старой является часть здания в осях А-Л, 1-13 (год постройки ориентировочно 1862). За период длительной эксплуатации здание неоднократно реконструировалось, ремонтировалось и меняло свое функциональное назначение. По архивным данным известно, что это здание в 1878 г. принадлежало одному из наиболее богатых и известных томских купцов 1-й гильдии, почетному гражданину г. Томска Королеву Евграфу Ивановичу.

В 1912 г. в здании размещались магазины дорожных товаров «Братья Макаровы», офицерских вещей торгового дома «Голованов с сыном». В 1932–1938 гг. в нем размещались: организация «Шахтстрой» треста «Востокуголь»; Томский городской финансовый отдел; Томское областное отделение Промышленного банка СССР и Томское отделение организации «Союзмедразведка». С 1942–1956 гг. в здании располагалось управление Министерства государственной безопасности.

С 1957 по 2001 г. в здании размещался областной онкологический диспансер. В 2001 г. здание приватизировано и в течение года не эксплуатировалось. Затем были проведены работы по его капитальному ремонту, который включал: усиление (восстановление) стен, простенков первого и второго этажей здания; замену перекрытия первого этажа, чердачного перекрытия и крыши. В настоящее время в здании располагается административно-торговый центр «Аркада» (см. рис. 1).

3. Краткая характеристика конструктивного решения здания

Административно-торговое здание по пр. Ленина, 113 в г. Томске – двухэтажное, Г-образной формы в плане с размерами между габаритными осями 36,9×55,2 м (см. рис. 2). Здание имеет сложную конструктивную

⁴ В работе принимали участие: к.т.н., доц. С.В. Юшубе; к.т.н., доц. Г.И. Таюкин; инж. С.С. Нуйкин; инж. Р.В. Шалгинов; маг. К.А. Полищук; инж. Р.В. Моисеенко.

схему, когда несущими являются продольные и поперечные стены, а на участке в осях Л-С, 1-4 и Л-К, 9-11 устроен внутренний неполный железобетонный каркас.

Рис. 1. Общий вид здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске:
а – по состоянию на 1890 г. (ориентировочно);
б – по состоянию на 2010 г.

Фундаменты здания под наружные и внутренние стены – мелкого заложения, ленточные, бутовые на известково-песчаном растворе. Под колонны в осях Н-2, Н-3 и Р-2 (часть здания более поздней постройки), а также под колонны на участке в осях Л-К, 9-11 – отдельно стоящие из монолитного железобетона.

Стены здания на участке – кирпичные из красного керамического кирпича на известковом и известково-песчаном растворе. Стены подвала бутовые на известково-песчаном растворе и кирпичные из красного керамического кирпича.

Перекрытие подвала – железобетонное, монолитное по металлическим и железобетонным балкам, а на отдельных участках – кирпичные своды по стальным балкам. Междуэтажное и чердачное перекрытия – монолитные железобетонные с использованием в качестве жесткой арматуры металлических прокатных балок.

Крыша здания стропильная, скатная. Несущими конструкциями крыши являются деревянные наслонные стропила. Кровля устроена из металочерепицы по деревянной обрешетке.

4. Задачи реконструкции здания

Собственник подвальных помещений здания по пр. Ленина, 113 планирует организовать в них кафе и ресторан. План-схема подвала здания по пр. Ленина, 113 до и после реконструкции приведена на

рис. 2 и 3 соответственно. Заказчик ставил перед исполнителем следующие основные задачи:

- увеличить существующие площади подвального этажа. Расширение площадей предусматривалось за счет сноса старых поврежденных перегородок и внутренних самонесущих стен подвала, а также расширения существующих проемов (см. рис. 3);

Рис. 2. План подвала административно-торгового здания по пр. Ленина, 113 (до реконструкции)

- увеличить высоту помещений подвала. Существующая до реконструкции высота подвала составляла 2,0–2,5 м, в отдельных помещениях – 1,8 м. Увеличение высоты помещений подвала предусматривалось выполнить до 2,5–3,0 м по всей площади подвала (не превышая глубины заложения существующих фундаментов) и до 4,5 м на участке в осях А–Д, 1–13 с устройством новых фундаментов на отметке 1,2–1,5 м ниже отметки существующих фундаментов;

- расширить существующие дверные проемы во внутренних несущих стенах подвала здания. Расширение существующих дверных

проемов производится на участке в осях А-Д, 1-13 до ширины 2,0 м (рис. 4). Ширина существующих проемов составляет 0,8–1,2 м;

– устроить дополнительные дверные проемы во внутренних несущих стенах подвала (см. рис. 3). Устройство дополнительных дверных проемов предусматривалось: шириной 3,5 м на участке в осях А-Д, 1-13; шириной 1,2 м на участках в осях П, 3-4 и Ж-Е, 5-7;

Рис. 3. План подвала административно-торгового здания по пр. Ленина, 113 (после реконструкции)

– устроить три новых входных узла в подвал здания (см. рис. 3). Входные узлы в подвал здания запланированы: на участке в осях 1, Р-С – вход № 1 со стороны пл. Ленина; на участке в осях А, 10-13 – вход № 2 со стороны пр. Ленина; на участке в осях 4, Р-С – вход № 3 со стороны внутреннего двора здания;

– устроить в наружной стене подвала нишу под камин и проем под дымовую трубу. Их устройство запланировано в наружной несущей стене на участке в осях 4, П-С: ниша под камин размером 1,8×1,8 м глубиной 0,5 м; проем под дымовую трубу размерами 0,5×0,5 м.

Решение вопросов реконструкции выполнялось сотрудниками ООО «СНПО Геотом», ЗАО «НПО Геореконструкция», ФГБОУ ВПО ТГАСУ под руководством заслуженного строителя РФ, доктора технических наук, профессора А.И. Полищука в период с 2007 по 2010 г. За этот период выполнен следующий объем работ:

- проведены сбор и анализ архивной документации по зданию;
- выполнена оценка грунтовых условий площадки с обследованием грунтов основания и несущего слоя фундаментов;
- проведены гидрогеологические наблюдения за появлением подземных вод в подвале здания с установлением источников замачивания основания и фундаментов;
- выполнено обследование и оценка технического состояния надфундаментных строительных конструкций и фундаментов здания;
- проведены поверочные расчеты, в том числе численное моделирование на ПК Plaxis основания, фундаментов здания, стен и других строительных конструкций с существующим конструктивным решением подвала и фактически действующими нагрузками, а также на нагрузки и конструктивное решение строительных конструкций подвала после его реконструкции;
- разработаны технические решения, рекомендации по восстановлению (усилению) строительных конструкций подвала и фундаментов здания с учетом их состояния и решаемых задач реконструкции;
- организован и проведен геотехнический мониторинг состояния строительных конструкций здания до, в процессе реконструкции, а также в период дальнейшей эксплуатации здания.

Сложность реконструкции заключалась в том, что строительные конструкции подвала (фундаменты, стены и перекрытие подвала) находились в ветхом, а на отдельных участках в аварийном состоянии. За период эксплуатации здания (более 140 лет) неоднократно проводился его капитальный ремонт с усилением (восстановлением) надземных строительных конструкций (1980–2001 гг.). При этом усиление (восстановление) строительных конструкций подвала и фундаментов здания, за исключением отдельных участков, не производилось.

5. Инженерно-геологические условия площадки реконструируемого здания

Инженерно-геологические изыскания на площадке здания по пр. Ленина в г. Томске проводились в 2002 г. организацией ООО «НПФ Геостройпроект» [1]. Площадка здания приурочена к высокой пойме р. Томи, примыкающей к склону Томь-Яйского водораздела. Поверхность площадки относительно ровная, абсолютные отметки планировки изменяются от 81,40 до 81,80 м.

В геолого-литологическом строении площадки до разведанной глубины 12,0–15,0 м принимают участие верхнечетвертичные (aQ_{IV}) отложения высокой поймы р. Томи на контакте с отложениями склона Томь-Яйского водораздела, перекрытые с поверхности современными техногенными отложениями (tQ_{IV}).

Инженерно-геологический разрез площадки (рис. 4) с поверхности представлен: супесью твердой насыпной (ИГЭ-1) с включением шлака, гравия, битого кирпича, торфа; суглинками – от текуче- до мягкопластичных с примесью органического вещества до 9 % (ИГЭ-2–ИГЭ-4), ИГЭ-3, ИГЭ-4 распространены в виде линз и прослоев; супесью текучей (ИГЭ-5), распространенной в толще суглинков в виде прослоев; песком мелким водонасыщенным (ИГЭ-6), распространенным в виде прослоя в подошве суглинистой толщи; галечниковым грунтом с песчаным заполнителем, обводненным (ИГЭ-7).

На площадке по условиям залегания, образования и стратиграфической принадлежности вскрыт комплекс подземных вод [1, 2], состоящий из трех водоносных горизонтов: техногенный водоносный горизонт типа «верховодка», водоносный горизонт высокой поймы р. Томи и горизонт подземной воды аллювиальных отложений поймы р. Томи.

Первый от поверхности техногенный водоносный горизонт типа «верховодка» имеет локальное распространение по подошве насыпных грунтов, абсолютные отметки составляют 79,2–79,4 м. Уровенный режим данного горизонта непостоянный во времени и напрямую зависит от площади водосбора атмосферных осадков.

Второй водоносный горизонт имеет распространение в суглинках, супеси текучей и текучепластичной консистенции, в прослоях и линзах песка мелкого. Данный горизонт высокой поймы р. Томи практически неразделен с горизонтом вод гравийно-галечниковых отложений поймы р. Томи (третий горизонт), образуя единый водонос-

ный комплекс с единым пьезометрическим уровнем. В процессе бурения статические уровни подземных вод установлены на абсолютных отметках 77,3–77,8 м. Подземные воды носят напорно-безнапорный характер движения за счет литологического переслаивания водовмещающих грунтов. Уровненный режим вскрытых подземных вод зависит от степени обводненности водовмещающих грунтов и колебаний уровня воды в р. Ушайке и р. Томи, так как прослеживается их тесная гидравлическая взаимосвязь в питании и разгрузке.

Рис. 4. Инженерно-геологический разрез площадки и схема посадки здания (ООО «НТФ Геостройпроект», 2003 г.)

Несущим слоем фундаментов здания является суглинок мягкопластичный (ИГЭ-2), залегающий до глубины 4,2–4,8 м от поверхности. Вблизи подошвы фундаментов здания проходят подземные воды типа «верховодка», которые имеют локальное распространение по подошве насыпных грунтов. После обильных проливных дождей отмечается их повсеместное поднятие на 0,8–1,1 м, что в комплексе с утечками из водонесущих коммуникаций приводит к подтоплению фундаментов здания.

Площадка административно-торгового здания по пр. Ленина согласно СП 11-105–97 относится ко II категории сложности инженерно-геологических условий. Для уточнения характеристик грунтов в основании фундаментов здания и выполнения оценки загрузки основания

было проведено обследование грунтов несущего слоя фундаментов. Для этого в различных частях здания были отобраны монолиты и пробы грунта из шурфов (52 шурфа) непосредственно под подошвой фундаментов, а также из скважин до глубины 2,0–2,5 м ниже подошвы фундаментов.

По результатам дополнительных исследований физико-механических характеристик грунтов, отобранных в основании фундаментов, установлено, что несущий слой основания фундаментов представлен суглинком различной консистенции, который до глубины 2,5 м от их подошвы находится преимущественно в мягкопластичном (иногда в текучем) состоянии. По результатам этих исследований были уточнены значения физико-механических характеристик грунтов несущего слоя основания фундаментов, уплотненных давлением здания за период длительной эксплуатации [3, 4]. Эти характеристики грунтов были использованы для проверочных расчетов основания фундаментов здания [6–8].

6. Гидрогеологические наблюдения за появлением подземных вод в основании фундаментов здания

Для решения вопросов реконструкции подвала здания были организованы наблюдения за появлением подземных вод в основании фундаментов. В подвальных помещениях по периметру здания были оборудованы наблюдательные скважины на глубину 3,5–4,0 м ниже существующего пола подвала. Всего было оборудовано 8 наблюдательных скважин. Программой предусматривалось наблюдение за изменением отметок подземных вод в наблюдательных скважинах в период с февраля 2007 г. по июнь 2008 г. с интервалом 1–2 раза в месяц. Характерные графики изменения уровня подземных вод приведены на рис. 5.

Проведенные наблюдения за уровнем подземных вод [2] позволили выявить ряд закономерностей. Было установлено, что в основании фундаментов, расположенных со стороны внутреннего двора, подземные воды имеют переменный (сезонный) уровень залегания. Зимой уровень подземных вод находится на глубине 2,0–2,5 м от подошвы фундамента, а весной и летом уровень повышается и находится обычно на отметке заложения подошвы фундаментов. Это связано с весенним снеготаянием и обильными дождями в весенне-осенний период. Кроме того, установлено, что внутренняя часть двора здания насыщена подземными водонесу-

щами коммуникациями, которые длительное время эксплуатируются и находятся в ветхом состоянии. В основании фундаментов основной части здания подземных вод до глубины 2,0–2,5 м от их подошвы (6,0–6,5 м от поверхности земли) за наблюдаемый период не обнаружено.

Рис. 5. Графики изменения отметок подземных вод в основании фундаментов здания скважинах у наружных стен: *а* – со стороны внутреннего двора; *б* – со стороны главных фасадов

Для уточнения источников замачивания грунтов основания и фундаментов здания в апреле 2008 г. были отобраны пробы воды и выполнен их химический анализ. По результатам исследований было выявлено повышенное содержание в подземной воде сульфатов, нитратов и органических веществ. Полученные данные позволяют утверждать, что особенностью подземных вод, формирующихся в подвальном помещении здания, является наличие в ней биогенных элементов в высоких концентрациях, что может свидетельствовать о загрязненности бытовыми сточными водами.

Проведенные наблюдения за изменением уровня подземных вод, результаты их химического анализа свидетельствует о том, что замачивание основания фундаментов здания происходит из-за сезонного поднятия уровня подземных вод (верховодки) в период снеготаяния

и обильных дождей. Кроме того, на формирование уровня подземных вод в основании фундаментов оказывают влияние утечки бытовых сточных отходов из внутренней канализационной сети.

7. Результаты обследования основных строительных конструкций здания

Для решения поставленных при реконструкции задач были использованы архивные материалы, предоставленные заказчиком [7, 8]. Выявлено, что за период с 1980 по 2006 г. различными организациями было проведено обследование строительных конструкций (включая фундаменты) здания. Анализ этих материалов позволил установить, что основное внимание при обследованиях (1980–2006 г.) уделялось надземным строительным конструкциям здания, по результатам которых были установлены участки здания с их недопустимым и аварийным состоянием. Надземные строительные конструкции здания ориентировочно в 2003 г. были усилены (восстановлены), а в настоящее время скрыты отделочными материалами. Результаты архивных материалов обследования фундаментов и данные по оценке их загрузки являлись противоречивыми и нуждались в уточнении.

Обследование строительных конструкций подвала здания производилось в два этапа. На первом этапе (2007–2008 гг.) специалистами ООО «СНПО Геотом» и ФГБОУ ВПО ТГАСУ обследовалась часть подвала здания в осях А-Д, 1-13 [7]. На втором этапе (2008–2009 гг.) специалистами ЗАО «НПО Геореконструкция» и ФГБОУ ВПО ТГАСУ обследовалась часть подвала здания в осях Д-С, 1-11 [8].

Установлено, что фундаменты под внутренние и наружные стены здания на участке в осях А-Д, 1-13 ленточные, мелкого заложения из бутовой кладки на известково-песчаном растворе. Частично бутовые фундаменты устроены на подготовке из бревен лиственницы. Под колонны в осях Р-2, Н-2, Н-3, 9-Ж', 10-Ж' фундаменты отдельно стоящие, мелкого заложения из монолитного бетона. Выявлено, что фундаменты под поперечные несущие стены ранее были усилены (ориентировочно в 1969–1982 гг.) путем устройства приливов (уширений) из бетона. Установлено, что ширина подошвы фундаментов под наружные стены составляет 1,2–1,9 м, глубина заложения фундаментов под наружные стены составляет 0,5–1,2 м от пола подвала (2,5–3,7 м от уровня наружной планировки). Ширина подошвы фундаментов под внутренние

стены составляет 1,25–2,1 м (с учетом бетонных уширений), а глубина их заложения – 0,8–2,0 м от пола подвала (3,2–4,0 м от уровня наружной планировки). Размеры подошвы отдельно стоящих фундаментов по осям Р-2, Н-2, Н-3 составляют 2,1×2,1 м, а по осям 9'-Ж', 10'-Ж' (участок в осях Л-К, 9-11) – 1,0×1,0 м.

Установлено, что фундаменты здания в целом находятся в ограниченно работоспособном, а частично – в недопустимом состоянии (по СП 13-102–2003). В недопустимом состоянии находятся преимущественно фундаменты под внутренние несущие стены, особенно на участках примыкания к наружным стенам, а также большинство фундаментов под наружные несущие стены здания. При этом наблюдается расслоение бутовой кладки фундаментов, вывал бутовых камней кладки, оседание фундаментов. Кроме того, известково-песчаный раствор в бутовой кладке фундаментов под наружные стены по осям выкрашивается (ранее подвергался интенсивному увлажнению). Прочность бутовой кладки фундаментов на этих участках снижена. Техническое состояние отдельно стоящих фундаментов под колонны в осях от Н-2, Н-3, Р-2, 9'-Ж', 10'-Ж' оценивается как работоспособное.

По результатам оценки загрузки основания фундаментов установлено, что давление (p) по подошве фундаментов в большинстве случаев меньше расчетного сопротивления грунта (R) основания ($p < R$). При этом степень использования расчетного сопротивления грунта основания (p/R) изменяется от 64 до 99 %. Исключение составляют участки с наиболее нагруженными внутренними несущими стенами; отдельно стоящие фундаменты в осях 9'-Ж', 10'-Ж', Р-2, Н-2, Н-3, а также некоторые фундаменты под наружные стены, где ширина подошвы фундаментов менее требуемой. В этих сечениях давление (p) по подошве фундаментов превышает расчетное сопротивление грунта основания (R) от 1 до 50 %.

По результатам поверочных расчетов основания фундаментов по деформациям выявлено, что абсолютные значения конечных осадок фундаментов мелкого заложения (S) изменяются от 5,0 до 15,0 см, что превышает предельно допустимое значение ($S_u = 10$ см). Относительные деформации основания ($\Delta S/L$) фундаментов также превышают (до 2–3 раз) предельно допустимое значение ($\Delta S/L_u = 0,002$). Об этом свидетельствует наличие в стенах подвала здания трещин осадочного характера. Однако при этом следует учесть, что эти осадки (деформации) за период длительной эксплуатации здания уже реализовались, и в настоящее время их развитие практически не происходит.

Установлено, что при действующих в настоящее время нагрузках и существующем конструктивном решении подвала (без перепланировки помещений и без понижения отметки его пола) в основном выполняются требования расчетов основания фундаментов по несущей способности. При этом обеспечивается прочность, устойчивость основания фундаментов здания. В случае же выполнения работ по перепланировке помещений и понижению пола подвала до существующих отметок подошвы фундаментов будет нарушена прочность и устойчивость основания (требования расчетов по несущей способности не выполняются). Для повышения эксплуатационной надежности здания в этом случае необходимо выполнить комплекс мероприятий, включающий: устройство вдоль наружных и внутренних стен подвала шпунтовых стенок; усиление фундаментов и стен; устройство армированного бетонного пола подвала.

Установлено, что стены подвала здания на участке в осях А-Д, 1-13 частично выполнены из бутового камня, частично – из красного керамического кирпича. Ширина наружных стен подвала составляет 1,2–1,3 м, внутренних – 0,9–1,9 м. Кирпичная кладка стен подвала не армирована. Большинство стен подвала имеют дефекты и повреждения в виде трещин, вывалов кирпича и бутового камня. Особенно большие повреждения были выявлены в стенах подвала, расположенных на участке в осях А-Л, 1-7 здания (трещины шириной раскрытия до 10 мм, значительные вывалы кирпича и бутового камня, неровности стен и пр.).

Установлено, что несущая способность стен без повреждений и дефектов обеспечена. При этом запас несущей способности составляет от 30 до 80 %. Для ослабленных участков стен и простенков (например, наличие трещин с шириной раскрытия более 1–5 мм, выпадение отдельных кирпичей и бутовых камней из кладки стены, некачественная кладка и т.д.) запас несущей способности изменяется от 0 до 20 %.

Техническое состояние стен подвала здания в целом классифицируется как ограниченно работоспособное. На участках стен, где были обнаружены наибольшие дефекты и повреждения, их состояние оценивается как недопустимое и аварийное. На отдельных участках стен подвала, где нет значительных дефектов и повреждений, их состояние оценивается как работоспособное.

Перекрытие подвала – железобетонное, монолитное по металлическим и железобетонным балкам: в осях А-В, 5-13 монолитные железобетонные плиты выполнены по верху металлических балок; в осях

А-М, 1-5 – по железобетонным балкам; на участке в осях А-В, 10-13 устроены кирпичные своды. Междуетажное и чердачное перекрытия – монолитные железобетонные с использованием в качестве жесткой арматуры металлических балок (двутавров № 24-30).

По результатам обследования строительных конструкций перекрытия подвала установлено его конструктивное решение и техническое состояние. При обследовании установлены дефекты в виде некачественного исполнения ребер монолитных железобетонных балок (наплывы бетона, размеры поперечных сечений по длине балок не выдержаны и другое). У металлических балок имеются значительные следы поражения коррозией. В то же время провисаний балок, указывающих на снижение их жесткости, не выявлено. В целом техническое состояние перекрытия подвала здания по оценивается как ограниченно работоспособное (по СП 13-102–2003) и нуждается в усилении.

Для повышения эксплуатационной надежности строительных конструкций подвала здания необходимо выполнить целый комплекс ремонтно-восстановительных работ, включающих усиление фундаментов, стен и перекрытия подвала здания.

8. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтов основания фундаментов здания при углублении пола подвала

Оценка напряженно-деформированного состояния грунтов в основании фундаментов здания при углублении пола подвала выполнялась в ПК Plaxis. Это дало возможность разработать предложения по повышению эксплуатационной пригодности отдельных строительных конструкций подвальной части здания. Моделирование работы грунтов основания и фундаментов до и после понижения отметок пола подвала (в ПК Plaxis) производилось на разных этапах реконструкции здания [9, 10]. С этой целью составлялись геометрические и расчетные схемы для фундаментов под наружные и внутренние стены, предполагающие поэтапное углубление подвала (рис. 6).

Вначале моделировалось существующее состояние основания и фундаментов здания. На этом этапе отметка пола подвала не менялась, усиление строительных конструкций подвала на данном этапе не производилось. На втором этапе рассматривалась схема (см. рис. 6), предполагающая выполнение работ по усилению строительных конст-

ружий фундаментов и изменение отметки пола подвала на участке вблизи фундамента путем проходки траншей вдоль существующего фундамента (с обеих сторон) для выполнения работ по усилению. На третьем этапе моделировалось понижение отметок пола по всей рассматриваемой площади подвала здания.

Рис. 6. Геометрическая (а) и расчетная (б) схемы под внутренние стены подвала здания на втором этапе его реконструкции после понижения отметки пола подвала вблизи фундамента путем проходки траншеи с обеих сторон

По результатам моделирования работы грунтов в основании фундаментов выполнялась оценка их напряженно-деформированного состояния при понижении отметок пола подвала. Было установлено, что

понижение отметок пола подвала приводит к появлению дополнительных осадок фундаментов, превышающих на 15–20 % существующие. Это объясняется возникновением дополнительных нагрузок на грунт основания за счет перепланировки помещений и изменением его напряженного состояния при понижении отметок пола подвала. Данные моделирования в совокупности с инженерными расчетами позволили разработать конструктивные решения для реконструкции подвала здания.

9. Геотехнический мониторинг при реконструкции здания

В процессе реконструкции здания был организован геотехнический мониторинг, включающий наблюдения за изменением состояния строительных конструкций здания и периодические геодезические наблюдения за перемещениями (осадками) фундаментов. Мониторинг был начат в 2007 г. на момент начала работ по обследованию здания. Периодичность наблюдений принята в зависимости от времени года. В период промерзания-оттаивания грунтов периодичность составляла до 3 раз в месяц и не реже 1 раза в месяц в остальное время. Периодичность геодезических измерений корректировалась в зависимости от изменения давления в основании фундаментов здания на каждом этапе реконструкции. Деформации стен фиксировались по наблюдениям за маяками, установленными на существующие трещины. Маяки были изготовлены из дюбелей и цементно-песчаного раствора. Кроме того, изменение технического состояния строительных конструкций в процессе реконструкции контролировалось путем периодического обследования и фиксации появления новых трещин и повреждений в стенах здания. Периодичность обследования была принята не реже одного раза в месяц и корректировалась в зависимости от этапа реконструкции.

10. Основные решения по восстановлению, усилению надфундаментных строительных конструкций подвала и фундаментов здания

При выполнении работ по демонтажу внутренних перегородок в подвале здания на участке в осях Л-С, 1-6 (см. рис. 2) начали проявляться чрезмерные прогибы существующего монолитного железобетонного перекрытия подвала. Развитие прогибов перекрытия было ус- тановлено по результатам выполняемого мониторинга. Работы по де-

монтажу были приостановлены и выполнено устройство временных противоаварийных мероприятий. Причиной развития прогибов перекрытия подвала послужило устройство другим собственником в помещениях первого этажа нового бетонного пола на перекрытии с устройством цементно-песчаной стяжки толщиной до 0,3 м без демонтажа старой стяжки. Было принято решение по усилению строительных конструкций перекрытия подвала. Усиление перекрытия подвала выполнено путем устройства под существующим перекрытием системы металлических балок, воспринимающих вес существующего перекрытия и временные нагрузки на перекрытие. При этом возникла необходимость усиления существующих железобетонных колонн, устройства дополнительных колонн и отдельно стоящих фундаментов в подвале здания (см. рис. 3). Принципиальная схема усиления перекрытия подвала на участке в осях Л-С, 1-6 приведена на рис. 7, 8.

Усиление отдельно стоящих фундаментов под существующие колонны в осях 9-Ж', 10'-Ж', Р-2, Н-2, Н-3 предусмотрено с использованием инъекционных свай согласно пат. 2238366 [12]. При этом инъекционные сваи устраиваются за контуром фундаментов в виде стенки в грунте (рис. 9). Это было необходимо для повышения несущей способности основания фундаментов при понижении отметок пола подвала. Решения по расширению существующих проемов, устройству новых дверных проемов, входных узлов, ниши под камин и проема под дымовую трубу основаны на использовании общепринятых приемов [6]. Эти решения разработаны с учетом выявленного конструктивного решения строительных конструкций подвала и их технического состояния.

Разработанные решения по реконструкции подвала здания включали усиление надфундаментных строительных конструкций подвала (стен) путем совмещения традиционных способов усиления железобетонными обоймами и рубашками [6–8] в совокупности с решениями по усилению фундаментов здания (рис. 10–14) [13–14].

Технические решения по углублению пола подвала до 2,5–3,0 м на участке в осях Г-С, 1-11 предусматривали усиление конструкций фундаментов и стен подвала здания с помощью железобетонных обойм – под внутренние стены (см. рис. 10) и железобетонных рубашек – под наружные стены [6–8]. Железобетонные обоймы и рубашки устраивались для повышения несущей способности кирпичной и бутовой кладки стен подвала и фундаментов. Углубление подвала было обеспечено понижением

Рис. 7. Принципиальная схема усиления перекрытия подвала на участке в осях Л-С, 1-6 административно-торгового здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске

Рис. 8. Разрез 1-1 к схеме усиления перекрытия подвала на участке в осях Л-С, 1-6
(см. рис. 7) административно-торгового здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске

отметки пола на 0,3–0,7 м. При этом глубина заложения подошвы существующих фундаментов после понижения отметки пола составила 0,5–0,6 м (от уровня пола подвала). Под отдельные стены, где несущая способность основания (инженерными методами и результатами моделирования на ПК Plaxis) не обеспечивалась, предусматривалось устройство шпунтового ряда с двух сторон фундаментов. Такое решение по усилению стен подвала и фундаментов здания на участке в осях Г-С, 1-11 позволило решить вопрос понижения отметок пола подвала на 0,3–0,7 м [13].

Рис. 9. Решение по усилению отдельно стоящих фундаментов в осях Н-2, Н-3, Р-2 с использованием инъекционных свай:
а – схема расположения свай; б – сечение 1-1

Рис. 10. Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях Г-С, 1-11 с углублением пола подвала до 2,5–3,0 м

Технические решения по углублению пола подвала до 4,5 м на участке в осях А-Д, 1-13 предусматривали устройство новых фундаментов взамен существующих. Основной сложностью в решаемой задаче явилось не столько углубление пола подвала, сколько необходимость устройства во внутренних и наружных несущих стенах подвала новых проемов шириной до 3,5 м (см. рис. 3). При устройстве таких проемов пришлось демонтировать основную часть внутренних несущих стен, что фактически изменило конструктивную схему здания в уровне подвала. При устройстве проемов в подвале здания нагрузка на основание от внутренних столбов (после демонтажа участков стен) стала сосредоточенной. Несущая способность фундаментов, даже при увеличении площади подошвы на новой отметке (с учетом углубления), не обеспечена. Поэтому было принято решение об устройстве свайных фундаментов из инъекционных свай на рассматриваемом участке подвала (в осях А-Д, 1-13) под внутренние столбы и наружные стены здания. Кроме того, с учетом реконструкции подвала без вывода здания из эксплуатации основную сложность составляла технологическая последовательность выполнения работ по усилению. Технологи-

ческая последовательность усиления фундаментов [7] включала 21 этап под внутренние стены и 8 этапов под наружные стены. Основные решения (отдельные этапы) по усилению фундаментов и стен подвала на участке в осях А-Д, 1-13 приведены на рис. 11–14.

Рис. 11. Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м – этап № 4 – устройство монолитной железобетонной балки

Внутренние стены (на примере стены в осях 10, А-В). Вначале выполнялось устройство временных разгружающих деревянных рам вдоль стены с двух сторон, воспринимающих нагрузку от перекрытия подвала. Затем выполнялось устройство монолитной железобетонной балки по всей длине стены, впоследствии играющей роль перемычки (рис. 11). Затем производилась разборка участка стены подвала шириной 2,0 м в месте устройства нового железобетонного столба в центре стены по оси 10 (см. рис. 3, рис. 12, а) и откопка приямка до отметки подошвы фундамента. На этом участке возводился монолитный железобетонный столб сечением 1,2×1,0 м в плане (рис. 12, а, 13, а). Столб устраивался на железобетонном монолитном фундаменте размером 2,0×1,2 м, выполняющем впоследствии функцию ростверка. В уширении фундамента (ростверке) предусматривалась установка закладных

деталей в виде гильз, которые позволяли устраивать инъекционные сваи через тело ростверка. После набора прочности бетона столба и ростверка производилось изготовление инъекционных свай (рис. 12, б, 13, а, б).

Рис. 12. Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м: а – этап № 10 – демонтаж участка фундамента и стены подвала; б – этап № 15–18 – устройство ростверка и инъекционных свай в проемах стены

Аналогичным способом на участках примыкания стены по оси 10 к продольным стенам здания под монолитной железобетонной балкой устраивались монолитные железобетонные пилоны с ростверком и инъекционными сваями (см. рис. 12, б). После изготовления железобетонных

Рис. 13. Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м (К рис. 12):
а – сечение 1-1 (рис. 12); б – сечение 2-2 (рис. 12)

бетонного столба и пилонов включалась в работу устроенная ранее монолитная железобетонная балка, и вся нагрузка от надземных конструкций передавалась на вновь устроенные столб, пилоны и их фундаменты. Затем производилась разборка участков стен между столбом и пилонами, образуя проемы в стенах шириной 3,5 м (см. рис. 12, б, 13, б). Для повышения жесткости участка стен ростверки столба и пилонов объединялись монолитной железобетонной лентой с устройством инъекционных свай (см. рис. 12, б).

Усиление фундаментов под наружные стены производилось путем подведения под подошву существующего фундамента инъекционных свай с шагом 1,1–1,4 м (см. рис. 14) с формированием монолитного железобетонного ленточного ростверка. Наружная стена, с учетом ее состояния, была усилена с помощью железобетонной рубашки с внутренней стороны стены подвала (см. рис. 14). После усиления фундаментов под внутренние и наружные стены производились откопка пола подвала до проектной отметки и устройство железобетонного пола подвала.

Рис. 14. Решение по усилению фундаментов под наружные стены здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м

Таким образом, для рассматриваемого здания разработаны технические решения по реконструкции подвала, включающие: перепланировку помещений подвала; углубление пола подвала до 2,5–3,0 м на участке в осях Г-С, 1-11 и до 4,5 м на участке в осях А-Д, 1-13; расширение существующих дверных проемов до 2,0 м; устройство новых дверных проемов шириной до 3,5 м и входных узлов; устройство ниши под камин и проема под дымовую трубу, а также решения по усилению (восстановлению) строительных конструкций подвала, включая его перекрытие. В 2014 г. работы по реконструкции подвала здания завершены. Большинство из разработанных технических решений по усилению строительных конструкций подвала и фундаментов здания были реализованы при реконструкции. В настоящее время в подвале устроен элитный ресторан.

Библиографический список

1. Инженерно-геологические условия площадки реконструкции административного двухэтажного здания для торгового центра по пр. Ленина, 113 в г.Томске / ООО НПФ «Геостройпроект». – Томск, 2002. – 27 с.
2. Петухов А.А., Полищук К.А. О закономерностях изменения уровня подземных вод в основании фундаментов реконструируемого здания // Перспективы развития фундаментальных наук: тр. VI Международ. конф. студентов и молодых ученых / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2009. – Т. 2. – С. 769–771.
3. Коновалов П.А., Коновалов В.П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 384 с.
4. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. – Нортхэмптон; Томск: STT, 2007. – 476 с.
5. Braja M.Das. Principles of foundation engineering. – Sixth edition. – Toronto (Canada): Nelson, 2007. – 750 p.
6. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992. – 456 с.
7. Усиление фундаментов и надфундаментных строительных конструкций подвала здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске при увеличении его высоты (участок в осях А-Д, 1-13). Заключение. – Т. 1, 2 / ООО

«СНПО Геотом»; рук. А.И. Полищук; исп.: А.А. Петухов [и др.]. – Томск, 2007.

8. Результаты обследования фундаментов и надфундаментных строительных конструкций подвала здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске (участок в осях Д-С, 1-11). Заключение / ЗАО «НПО Геореконструкция»; рук. А.И. Полищук; исп.: А.А. Петухов [и др.]. – Томск, 2009. – 131 с.

9. Оценка работы оснований фундаментов реконструируемых зданий при понижении отметок пола подвала / А.И. Полищук, А.А. Петухов, Р.В. Шалгинов, К.А. Полищук // Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства: тр. междунар. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – Т. 1. – С. 235–241.

10. Винников Ю.Л., Мірошніченко І.В. Удосконалення методики визначення осідань будівель на набивних палях у пробитих свердловинах // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво / Полтав. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Полтава, 2013. – Вип. 3 (38) – С. 82–89.

11. Техническое решение по усилению перекрытия подвала здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске (в осях Л-С, 1-6). Заключение / ЗАО «НПО Геореконструкция»; рук. А.И. Полищук; исп.: А.А. Петухов [и др.]. – Томск, 2009. – 37 с.

12. Пат. 2238366. Российская Федерация, МПК7 Е 02 D 5/34. Способ устройства инъекционной сваи / А.И. Полищук, О.В. Герасимов, А.А. Петухов, Ю.Б. Андриенко, С.С. Нуйкин; опубл. 20.10.04, Бюл. № 29.

13. Полищук А.И., Петухов А.А., Полищук К.А. О реконструкции подвала административно-торгового здания в сейсмическом районе г. Томска // Збірник наукових праць. Будівельні конструкції. – Київ: НДІБК, 2008. – Вип. 69. – С. 353–363.

14. Полищук А.И., Петухов А.А. Усиление фундаментов зданий в г. Томске с использованием свай // Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах: тр. III Центр.-Азиат. междунар. геотехн. симп.: в 2 т. / Научн.-иссл. и проект.-изыск. ин-т. «САНИИОСП» Гос. комитета стр-ва и арх. Респ. Таджикистан. – Душанбе, 2005. – Т. 1. – С. 198–201.

References

1. Inzhenerno-geologicheskie usloviia ploshchadki rekonstruktsii administrativnogo dvukhetazhnogo zdaniia dlia torgovogo tsentra po prospektu Lenina, 113 v gorode Tomske [Engineering-geological conditions of the site for the reconstruction of the two-storey administrative building for a shopping center on Lenin Ave., 113 in Tomsk]. Tomsk: OOO NPF "Geostroiproekt", 2002. 27 p.

2. Petukhov A.A., Polishchuk K.A. O zakonomernostiakh izmeneniia urovnia podzemnykh vod v osnovanii fundamentov rekonstruiuemogo zdaniia [The patterns of change in groundwater level at the base of the reconstructed foundations of the building]. *Trudy VI Mezhdunarodnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh "Perspektivy razvitiia fundamental'nykh nauk"*. Tomsk: Tomskii politekhnicheskii universitet, 2009, vol. 2, pp. 769-771.

3. Konovalov P.A., Konovalov V.P. Osnovaniia i fundamenty rekonstruiemykh zdaniy [Bases and foundations of reconstructed buildings]. Moscow: Assotsiatsiia stroitel'nykh vuzov, 2011. 384 p.

4. Polishchuk A.I. Osnovy proektirovaniia i ustroistva fundamentov rekonstruiemykh zdaniy [Basics of design and installation of foundations reconstructed buildings]. Northampton; Tomsk: STT, 2007. 476 p.

5. Braja M.Das. Principles of foundation engineering. Toronto (Canada): Nelson, 2007. 750 p.

6. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Polishchuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstruktsii avariinykh i rekonstruiemykh zdaniy [Restoration and strengthening of building structures damaged and reconstructed buildings]. Tomsk: Tomskii universitet, 1992. 456 p.

7. Usilenie fundamentov i nadfundamentnykh stroitel'nykh konstruktsii podvala zdaniia po prospektu Lenina, 113 v gorode Tomske pri uvelichenii ego vysoty (uchastok v osiakh A-D, 1-13). Zakliuchenie [Strengthening foundations and advancement of construction of basement of the building on Lenin Ave., 113 in the city of Tomsk with increasing height (the plot in the axes A-D, 1-13). Conclusion]. Rukovoditel' A.I. Polishchuk; ispolniteli A.A. Petukhov [et al.]. Tomsk: OOO "SNPO Geotom", 2007, vol. 1, 2.

8. Rezul'taty obsledovaniia fundamentov i nadfundamentnykh stroitel'nykh konstruktsii podvala zdaniia po pr. Lenina, 113 v g. Tomske (uchastok v osiakh D-S, 1-11). Zakliuchenie [The results of the survey of

foundations and advancement of construction of basement of the building on Lenin Ave., 113 in Tomsk (plot in the axes D-C, 1-11). Conclusion]. Rukovoditel' A.I. Polishchuk; ispolniteli A.A. Petukhov [et al.]. Tomsk: ZAO "NPO Georekonstruktsiia", 2009. 131 p.

9. Polishchuk A.I., Petukhov A.A., Shalginov R.V., Polishchuk K.A. Otsenka raboty osnovanii fundamentov rekonstruiroemykh zdaniy pri ponizhenii otmetok pola podvala [Assessment of the work of foundations reconstructed buildings at lower elevations basement floor]. *Trudy mezhdunarodnoi konferentsii "Fundamenty glubokogo zalozheniia i problemy osvoeniia podzemnogo prostranstva"*. Perm: Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2011, vol 1, pp. 235-241.

10. Vinnikov Iu.L., Miroshnichenko I.B. Udoskonalennia metodiki viznachennia osidan' budivel' na nabivnikh paliakh u probitikh sverdlovinakh [Improved methods of determining the residue of buildings on filling piles in wells]. *Zbirnik naukovikh prats'. Seriia: Galuzeve mashinobuduvannia, budivnitstvo*. Poltava: Poltavskii natsional'nyi tekhnichnii universitet imeni Iurii Kondratiuka, 2013, vol. 3 (38), pp. 82-89.

11. Tekhnicheskoe reshenie po usileniiu perekrytiia podvala zdaniia po prospektu Lenina, 113 v gorode Tomske (uchastok v osiakh L-S, 1-6). Zakliuchenie [Technical solution for strengthening of the floors of the basement of the building on Lenin Ave., 113 in Tomsk (in axes L, 1-6). Conclusion]. Rukovoditel' A.I. Polishchuk; ispoiniteli A.A. Petukhov [et al.]. Tomsk: ZAO "NPO Georekonstruktsiia", 2009. 37 p.

12. Polishchuk A.I., Gerasimov O.V., Petukhov A.A., Andrienko Iu.B., Nuikin S.S. Sposob ustroistva in"ektsionnoi svai [Method the device for injecting piles]. *Patent 2238366. Rossiiskaia Federatsiia, MPK7 E 02 D 5/34*.

13. Polishchuk A.I., Petukhov A.A., Polishchuk K.A. O rekonstruktsii podvala administrativno-torgovogo zdaniia v seismicheskom raione goroda Tomska [On the reconstruction of the basement office and commercial buildings in seismic near Tomsk]. *Zbirnik naukovikh prats'. Budivel'ni konstruktsii*. Kiiv: NDIBK, 2008, vol. 69, pp. 353-363.

14. Polishchuk A.I., Petukhov A.A. Usilenie fundamentov zdaniy v g. Tomske s ispol'zovaniem svai [Strengthening the foundations of buildings in the city of Tomsk with piles]. *Trudy III Tsentral'no-Aziatskogo mezhdunarodnogo geotekhnicheskogo simpoziuma "Geotekhnicheskie problemy stroitel'stva na prosadochnykh gruntakh v seismicheskikh raionakh"*.

Dushanbe: Nauchno-issledovatel'skii i proektno-izyskatel'skii institut "SANIIOSP" Gosudarstvennogo komiteta stroitel'stvava i arkhitektury Respubliki Tadzhikistan, 2005, vol. 1, pp. 198-201.

Получено 14.04.2015

Об авторах

Полищук Анатолий Иванович (Краснодар, Россия) – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Основания и фундаменты» Кубанского государственного аграрного университета (350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, e-mail: ofpai@mail.ru).

Петухов Аркадий Александрович (Томск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений» Томского государственного архитектурно-строительного университета (634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, e-mail: paa5579@mail.ru).

Тарасов Александр Александрович (Томск, Россия) – аспирант кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений» Томского государственного архитектурно-строительного университета (634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, e-mail: tar.a.a@mail.ru).

About the authors

Anatolii I. Polishchuk (Krasnodar, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Beds and Foundations, Kuban State Agrarian University (13, Kalinina st., Krasnodar, 350044, Russian Federation, e-mail: ofpai@mail.ru).

Arkadii A. Petukhov (Tomsk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Beds, Foundations and Structure Test, Tomsk State University of Architecture and Building (3, Solianaya sq., Tomsk, 634003, Russian Federation, e-mail: paa5579@mail.ru).

Aleksandr A. Tarasov (Tomsk, Russian Federation) – Postgraduate student, Department of Beds, Foundations and Structure Test, Tomsk State University of Architecture and Building (3, Solianaya sq., Tomsk, 634003, Russian Federation, e-mail: tar.a.a@mail.ru).