

Организационно-технологические подходы в процессе проектирования объектов, подлежащих реконструкции

С.Г. Шеина¹, Ю.Д. Сергеев², Р.Ю. Мясищев², А.Ю. Сергеева²,
А.В. Мищенко²

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

²Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы организационно-технологических подходов при проектировании объектов, подлежащих реконструкции. В ходе эксплуатации зданий надежность их конструкций подвергается циклическим изменениям. Динамика нагрузок, а также повреждения, возникающие в результате эксплуатации, способны оказывать значительное воздействие на прочность и долговечность строительных объектов. Проанализированы причины проведения технического обследования при реконструкции. Анализируется диагностика разрушения конструкций. В большинстве случаев аварийные ситуации являются результатом пропущенных ошибок на этапе проектирования проекта, строительства стройобъекта и его эксплуатации. Для минимизации подобных рисков осуществляются дополнительные мероприятия, направленные на контроль качества на всех этапах - от проектирования до ввода в эксплуатацию. Определен ряд условий, при которых большинство дефектов при проектировании и эксплуатации конструкций можно предотвратить ещё на этапе разработки проекта реконструкции.

Ключевые слова: реконструкция, строительно-техническая экспертиза, надежность, организационно-технологические решения, дефекты, контроль качества, эффективность.

Реконструкция объектов недвижимости выражает собой разноаспектную реформацию архитектурных форм, включающую видоизменение таких форматов, как объем, высота, этажность, площадь. Данный процесс способен вмещать в себя надстройку, а также как расширение основных фондов, так и замещение [1, 2]. Несущие конструкции, которые обеспечивают устойчивость всей постройки при реконструкции, могут быть изменены [3].

В ходе функционирования стройобъектов износостойкость их стройконструкций претерпевает циклические деформации. Колебания нагрузок, потенциальные повреждения, которые появляются в процессе эксплуатации, все это способствует значительному воздействию на прочность и долговечность стройобъектов. К моменту достижения

определенной степени износоустойчивости (надежности) в стройконструкции будут инициализировать безвозвратные дефекты: образуются многообразные макро- и микротрещины, возникает риск устойчивости уплотненных элементов, могут появиться высокопластические деформирования, выявиться коррозия [4, 5].

Важным аспектом являются надзор за проектированием аварийно-опасных зданий и сооружений и строительно-техническая экспертиза, которая выявляет предрасположенность стройобъекта к аварии [6]. Идентификация таких стройобъектов дает возможность экспертам и проектировщикам реализовать оценку их износоустойчивости (надежности) и, если надо, внедрить специальные меры по контролю качества, что, в свою очередь, будет способствовать возрастанию интересубъективной прочности стройконструкций. Эвальвация износоустойчивости стройконструкций во время эксплуатации стройобъекта исходит из визуальных осмотров, в ходе которых вскрываются присутствующие дефекты и неисправности. При определении вероятности генерирования аварий и обеспечение износоустойчивости стройобъекта применяются методы экспертной оценки, позволяющие получить четкое понимание о техническом состоянии стройконструкции [7].

Наряду с приближенной оценкой надежности, для более точного определения исправности стройконструкций и определения длительности ремонта целесообразно задействовать более точные методы определения износоустойчивости стройобъекта. Фотографии дефектов и повреждений разных типов конструкций помогают выявить причины их возникновения и оценить техническое состояние [8, 9]. Организационно-технологические решения на фазе проектирования инвестиционного проекта уже должны быть выработаны так, чтобы исключить вероятность возникновения дефектов на разных этапах жизненного цикла стройобъекта.

Принимая во внимание причины возникновения дефектов в стройконструкциях, можно их классифицировать по двум группам. Первая группа объединяет дефекты, которые возникли под влиянием силового воздействия. Вторая группа объединяет дефекты, которые возникают под воздействием окружающей среды. Эта группа наряду с тем, что снижает прочность стройконструкции, еще и минимизирует долговечность.

Исходя из вышеизложенного, можно говорить о том, что планирование на начальном этапе инвестпроекта становится не просто необходимостью, а залогом успешной реализации строительного проекта по реконструкции стройобъекта, вбирающего в себя все нюансы, касающиеся его качества и безопасности [10].

Техническое состояние стройконструкции, основываясь на выявленных дефектах и величине ее надежности, группируется на пять категорий.

Интерференция этих дефектов на общую износостойкость стройконструкции расценивается минимизацией суммарных значений общепринятого коэффициента износостойкости (резерва):

$$f_0 = f_m \cdot f_c \cdot f_f \cdot f_n \quad (1)$$

где f_0 - коэффициент износостойкости (резерв), f_m - коэффициент износостойкости эксплуатируемых стройматериалов, f_c - коэффициент, предусматривающий общеэксплуатационные факторы, f_f — коэффициент, демонстрирующий износостойкость стройконструкции по аспектам её эксплуатации, а f_n — коэффициент, диагностирующий износостойкость по назначению.

Такая тактика предоставляет возможность всесторонне понять, как общезначимые повреждения будут воздействовать на устойчивость и прочность стройобъектов, так как это имеет определяющее значение для определения их жизнестойкости и безотказного эксплуатации.

В ходе функционирования относительный показатель безотказности стройконструкции можно выразить, используя параметр R :

$$R = f/f_0, \quad (2)$$

где f - коэффициент фактической прочности, принимающий в расчет все встречающиеся дефекты.

Стадия поврежденности стройобъекта:

$$D = 1 - R. \quad (3)$$

Значения R и D для разнотипных подклассов технического состояния стройконструкции и ожидаемые расходы на воссоздание первоначальных качеств, отображенные в процентах от затрат первоначальных, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Классификация общетехнических условий

Подкласс	Техническое состояние стройконструкции	Релятивная износо - стойкость $R = f/f_0$	Дефект - ность $D = 1 - R$	Затрат - ность на ремонт $S, \%$
1	2	3	4	5
1	Исправное состояние. Видимые дефекты, которые могут свидетельствовать о снижении стройконструкции, ее несущей способности, отсутствуют. Необходимость в работах по ремонту конструкции отсутствует.	1	0	0
2	Состояние конструкции можно охарактеризовать как удовлетворительное, что указывает на ее работоспособность, хотя и с определенными отклонениями от строительных норм. Несущая способность элементов обеспечена, однако имеются риски нарушения предельных условий II группы и долговечности. В то же время эксплуатационные характеристики остаются на приемлемом уровне. Необходимость в установке антикоррозийного покрытия становится очевидной, как и потребность в устранении незначительных повреждений, что позволит сохранить целостность и функциональность конструкции в долгосрочной перспективе.	0,95	0,05	0 - 11

1	2	3	4	5
3	<p>Состояние конструкции можно охарактеризовать как ограниченно функциональное, что указывает на наличие повреждений, явно свидетельствующих о деградации ее несущей способности. Эти дефекты указывают на необходимость вмешательства для предотвращения дальнейших разрушений.</p> <p>Чтобы обеспечить нормальные условия эксплуатации и восстановить былую надежность, требуется провести ремонтные работы, направленные на устранение поврежденных элементов конструкции. Только так возможно вернуть сооружению его полную функциональность и долговечность.</p>	0,85	0,15	12 -36
4	<p>Состояние конструкции можно описать как неудовлетворительное, находящееся на грани ее не работоспособности. Нахождение существенных дефектов служит предупреждением, свидетельствующим о непригодности стройконструкции к ее безрисковой эксплуатации.</p> <p>Для регенерации стройконструкции целесообразно осуществление капитального ремонта. Капремонт должен обязательно включать меры по сверхусилению структурных элементов. Перед тем как приступать к наращиванию усиления, необходимо локализовать оказывающие воздействия на конструкцию нагрузки, чтобы предотвратить дальнейшие разрушения. Восстановление безопасной эксплуатации станет возможным лишь после завершения всех ремонтных работ и укрепления конструкции.</p>	0,75	0,25	37 - 90
5	<p>Состояние конструкции можно охарактеризовать как аварийное, что говорит о критической ситуации. Наличие существующих повреждений выступает как тревожный сигнал, указывая на потенциальную угрозу обрушения элементов конструкции.</p> <p>В целях предотвращения аварии необходимо незамедлительно произвести разгрузку конструктивных частей и устройств кратковременных креплений. Замена аварийных конструкций проводится в большинстве случаев подобного ремонта.</p>	0,65	0,35	91 -130

Эвальвация надежности стройобъектов осуществляется по самому максимально недоброкачественному дефекту, определенному по длине стройконструкции. Чтобы оценить категорию, в каком состоянии находится стройконструкция, требуется, чтобы было присутствие по меньшей мере одного идентификатора, перечисленных в таблице 1 в столбцах 2 и 3.

Результатирующая эвальвация дефектности стройобъекта осуществляется согласно следующей формуле:

$$D = \frac{k_1 D_1 + k_2 D_2 + \dots + k_i D_i}{k_1 + k_2 + \dots + k_i}, \quad (4)$$

В контексте анализа ущерба величины D_1, D_2, \dots, D_i представляют собой наивысшие показатели повреждений, зафиксированные для различных типов конструкций, тогда как коэффициенты k_1, k_2, \dots, k_i обозначают весовые коэффициенты, характеристики, присущие каждому из различных типов и видов конструкций.

Неизбежные аварийные ситуации в зданиях и сооружениях зачастую становятся результатом наличия в элементах стройконструкции критически важного дефекта. В связи с этим, оценивая формат повреждения, необходимо принимать в расчет их предельное значение. Коэффициент релевантности стройконструкции вырабатывается, основываясь на экспертном анализе, который учитывает оценку социально-экономических последствий обрушения, характере и степени повреждения, произошедших в результате аварии. Фиксирование релятивной оценки надежности стройобъекта осуществляется согласно формуле:

$$R = 1 - D, \quad (5)$$

где D — величина, представляющая собой объем дефектов стройконструкции, которые накопятся в течении t лет использования:

$$D = 1 - e^{-wt}, \quad (6)$$

где $W = \frac{-\ln R}{t_d}$ - *constant* износа, измеряется, основываясь на данных

технического обследования вследствие изменений при обследовании несущей способности стройконструкции;

R - релятивная надежность, которая определяется на основании категории техсостояния стройконструкции, принимая во внимание повреждения по таблице 1.

t_d - продолжительность функционирования к моменту технического обследования в годах.

Срок функционирования стройконструкции до момента проведения капитального ремонта:

$$t = \frac{0,16}{w}, \quad (7)$$

Продолжительность функционирования стройконструкции до момента возникновения аварийной ситуации:

$$t_0 = \frac{0,22}{w}. \quad (8)$$

В большинстве случаев аварийные ситуации являются результатом пропущенных ошибок на этапе проектирования проекта, строительства стройобъекта и его эксплуатации. Для минимизации подобных рисков осуществляются дополнительные мероприятия, направленные на контроль качества на всех этапах — от проектирования до ввода в эксплуатацию [11]. Недостаточная надежность проектных решений может быть обусловлена множеством факторов, среди которых выделяются шесть (Рис. 1).

Каждый из этих аспектов подчеркивает важность тщательной подготовки и контроля на всех этапах жизненного цикла сооружения.

Потенциальная возможность аварий определяется экспертными оценками на основе анализа факторов и условий, воздействующих на устойчивость и надёжность конструкции, а также включает в себя расчетные параметры и результаты инспекций и обследований объекта [12, 13].

Рассмотрим ряд условий, при которых большинство дефектов при проектировании и эксплуатации конструкций можно предотвратить ещё на этапе разработки проекта реконструкции [14].

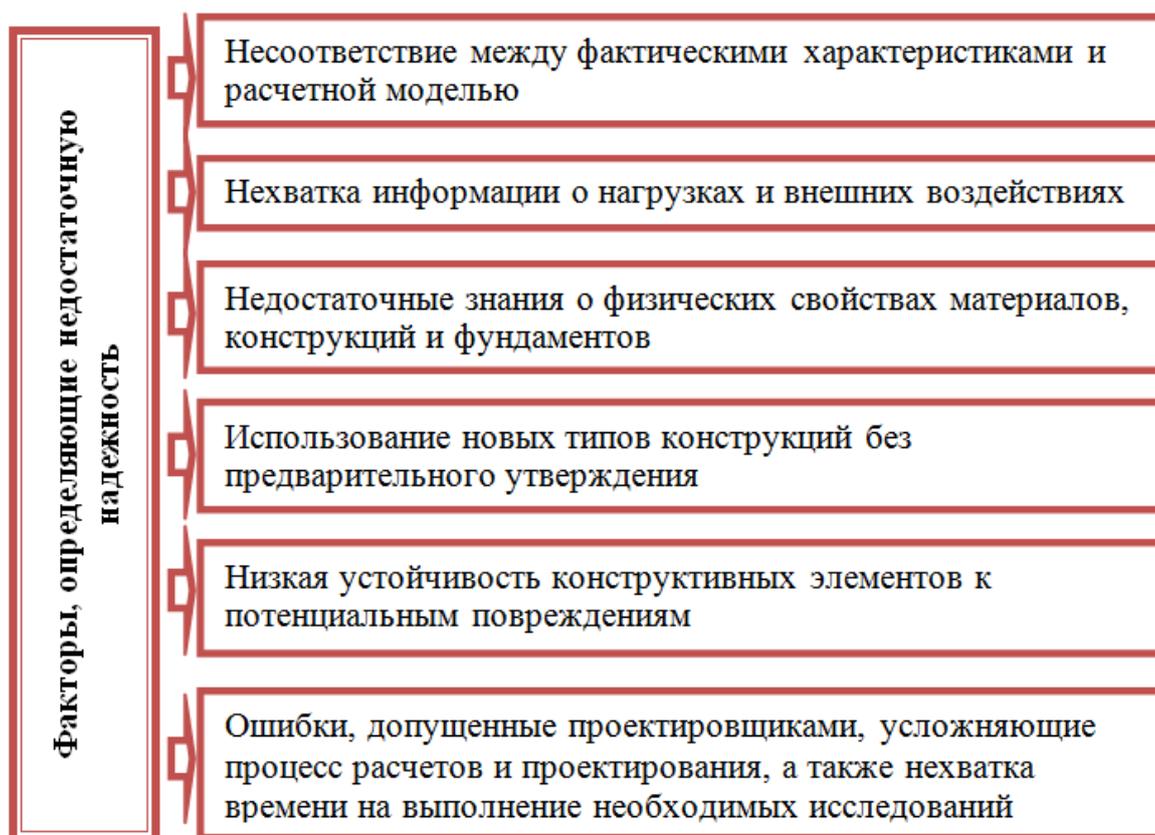


Рис.1. - Факторы, определяющие недостаточную надежность проектных решений

Ключевым фактором, способствующим возникновению ошибок в проектировании фундаментов, является недостаточная полнота информации о геологическом и тектоническом строении строительного участка, а также о литологическом составе грунтов и гидрогеологических характеристиках данной площадки. Это обстоятельство часто обусловлено нехваткой разведывательных скважин и шурфов, что приводит к неспособности выявить локальные неоднородности в основании грунта. Такие пробелы в данных могут существенно подорвать надежность проектных решений и в дальнейшем повлиять на устойчивость всего сооружения. Проектировщики также не всегда учитывают форму плана здания.

На стройобъекте, где подвал не запланирован, перегородки, выполняемые из кирпича, довольно часто монтируются на узкий фундамент, располагающийся непосредственно на неподготовленном грунте. Как

показывает практика, этот объемный и обычно очень плохо утрамбованный грунт сразу приводит к основательному оседанию перегородок, практически незамедлительно следом за их установкой. Причем часть центральная проседает вследствие осадки насыпного грунта. В то же время края перегородки располагаются вплотную к стенам. Такая ситуация является причиной появления трещин как горизонтальных, так и наклонных с ярко выраженными зазорами. В этой ситуации организационно-технологическое решение состоит в отказе от жесткого крепления перегородки к полу и проектировании фундамента с грунтовой балкой под ней. Если присутствуют специфические условия грунта, например, слабые почвы или сильно заросшие растительностью участки, проект должен включать рекомендации по земляным работам, конструированию фундамента и дальнейшей эксплуатации стройобъекта.

Прецеденты неудовлетворительного запаса прочности фундаментов, являющиеся следствием ошибок при проектировании, можно встретить достаточно редко. Однако в практике иногда встречается ситуация, когда колонны продавливают плиту фундамента стаканного типа. Это может быть связано как с низким качеством соединения колонн с фундаментом, так и с недостатками в методике расчёта высоты опирания колонн, где расчетная высота определяется как интервал от обреза фундамента по арматурную сетку в его плитной части. Организационно-технологическое решение в этих условиях подразумевает задействование методов вычисления фундамента стаканного типа, когда высота тетраэдра продавливания учитывается, начиная от днища стакана впритык к арматурной сетке в плитной части основания и выполняется расчет на дробление подколонной части фундамента.

При проектировании строительных конструкций крайне важно не только соблюдать нормативные требования, но и учитывать специфические

условия, связанные с процессами изготовления и монтажа. В некоторых проектах наблюдается использование разнородных материалов для кладки стен, отличающихся по прочности, жёсткости, водопоглощению и долговечности. К сожалению, влияние температурных колебаний на формирование кладочных конструкций зачастую остается вне внимания проектировщиков, что может угрожать целостности сооружений.

Некоторые проектные решения подразумевают замену несущих кирпичных колонн на сборные железобетонные конструкции. В этом контексте одна часть сечения колонны опирается на железобетон, в то время как другая опирается на кирпичную кладку. Ввиду того, что железобетон имеет значительно большую жёсткость, итерационная нагрузка от столба реально воссоздается исключительно в местах контактирования с железобетоном. Диспропорциональность в величине железобетонной стройконструкции и кирпичными колоннами лишь обостряет эту проблему. В таких ситуациях организационно-технологические решения предполагают отказ от опирания перегородок на грунтовочный слой и проектирование рандбалки, помещаемую на опору стены. В тех случаях, когда в строительном проекте будут встречаться специфические условия грунта допустим, почвы пучинистые или усадочные, в этом случае надлежит представить методические рекомендации по условиям выполнения работ по грунтам, по возведению фундаментов, а так же по эксплуатации зданий [15].

Наружные конструкции кирпичных зданий нередко подвержены разрушительным трещинам, являющимся следствием колебаний температуры в разные сезоны. Согласно проведенным исследованиям, проявление температурных трещин в кирпичных конструкциях обуславливается игнорированием архитектурного плана здания, способного эффективно противостоять деформациям, вызванным температурными колебаниями. Проектирование кирпичной стены, где облицовка соединена с

внутренней частью лишь при помощи гибких элементов, представляет собой ошибку. Внутренний слой конструкции подвержен лишь незначительным колебаниям температурных условий в течение сезонов и суток, тогда как наружный, облаченный в облицовочный материал, подвергается сильным температурным изменениям, вызванным воздействиями окружающей среды и солнечной радиации. Это несоответствие приводит к тому, что внешний слой не в состоянии свободно сокращаться в моменты понижения температуры, что, в свою очередь, вызывает образование трещин.

Примечательно, что подобные стеновые конструкции часто рекламируются и применяются в архитектурных проектах. Температурные колебания, происходящие в течение десятилетий, создают благоприятные условия для формирования устойчивых трещин. При падении температуры ранее образованные трещины в кладке не имеют возможности полностью закрыться при последующем повышении температурного режима. Со временем, накапливаясь, повреждения способны привести к частичному разрушению облицовочного слоя, что сопровождается высыпанием сборных элементов за пределы перемычки. Таким образом, организационно-техническое решение данного вопроса заключается в необходимости внедрения конструктивного усиления стенового полотна как выше, так и ниже опорного края перемычки, что обеспечит дополнительную устойчивость конструкции.

В жаркий летний период крыши, выполненные из железобетонных плит и покрытые неутеплённой рулонной кровлей, под воздействием палящего солнца подвергаются значительному нагреву. В кирпичных зданиях с подобным покрытием температурные деформации кровельного материала значительно превышают деформации стен, что приводит к разобщению верхних торцевых частей стен от вертикальных элементов конструкции. Образовавшиеся трещины, подобно трещинкам на льду, со

временем только увеличиваются и углубляются. Для предотвращения подобных недостатков проектировщики должны предусмотреть адекватные зазоры между торцом облицовочной плиты и стеной. Рекомендуется также применение рубероида или кровельного листа в качестве прокладки под опорой плиты, что поможет снизить трение между плитой и стеной в процессе температурной деформации.

Прочность кладки в значительной мере зависит от однородности растворного слоя. Для достижения максимальной однородности предпочтительно использовать текучие растворы. Избегать следует применения чистых цементных растворов без добавок, поскольку такие растворы очень скоро утрачивают свою подвижность при взаимодействии с влагой. Помимо прочего, в тех случаях, когда лицевая штукатурка осуществлена на пористых стеновых покрытиях, она оказывается непроницаемым заслоном для удаления пара из внутреннего пространства - наружу. Это является причиной конденсации влаги в слое стены, который прилегает к штукатурке, что, в свою очередь, увлажняет конструкцию, повышает её теплопроводность и негативно сказывается на морозостойкости. Аналогичная ситуация возникает при использовании расширителей швов цементных растворов с пористыми легкими растворами. В этом случае особенно страдают стены, окружающие влажные помещения (например, ванные комнаты, прачечные).

Проектирование строительных объектов на фундаментах с ограниченной несущей способностью (неудовлетворительных) достаточно часто намечает монтирование поверх кирпичных стен монолитного железобетонного пояса. При всем при том летние условия не всегда позволяют обеспечить должный уход за свежеложенным бетоном, который, подобно безводной земле, стремится к быстрому высыханию. Зимний период, в свою очередь, приносит свои трудности, так как утепление

относительно тонких железобетонных поясов становится настоящим испытанием: рабочие, занимающиеся установкой опалубки, армированием и заливкой, зачастую не обладают необходимыми навыками для выполнения кладочных работ. Это приводит к ухудшению качества конструкций. Тем не менее монолитные железобетонные пояса можно с лёгкостью заменить на армокаменные конструкции. Эти армированные каменные аналоги, обладая высокой прочностью и лёгкостью в процессе кладки, не требуют ухода в любое время года. Следовательно, в ситуациях, где требуется использование монолитного железобетонного пояса, предпочтение следует отдавать армокаменным решениям, что гарантирует долговечность и надёжность конструкций [16].

Учитывая, что качество кладки стен напрямую влияет на общую прочность конструкции, а также принимая во внимание отсутствие достаточного запаса прочности для стен и колонн первого этажа многоэтажных зданий (высотой 9 и более этажей), необходимо применять боковое армирование с использованием сетки, соответствующей минимальному конструктивному значению ($\mu = 0,1\%$). Это особенно актуально на участках, где эксплуатация стен и колонн достигает более 80% их прочностных характеристик. В результате таких мероприятий прочность стен может быть увеличена приблизительно на 25%, что позволяет компенсировать возможные потери прочности, вызванные работой менее квалифицированных специалистов.

Таким образом, можно сделать вывод, что при соблюдении всех необходимых условий проектирования и эксплуатации восстанавливаемого объекта, большинство дефектов можно предотвратить ещё на этапе разработки проекта реконструкции.

Литература

1. Шеина С.Г., Балашев Р.В., Живоглядов Г.А., Шахиев Р.Д. Устойчивое строительство зданий // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.
 2. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.
 3. Romanenko E.Yu, Vodolazskaya N.V. Engineering in modern construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, №1083 (1), pp.12055. URL: 1083. 012055. 10.1088/1757- 899X/1083/1/012055.
 4. Сергеев Ю.Д., Сергеева А.Ю., Мищенко В.Я, Мясичев Ю.В., Мясичев Р.Ю. Оптимизация процесса обследования несущих конструкций предаварийных зданий // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Научно-практический и методологический журнал. 2019. Т.16. №3. С. 52-56.
 5. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. Научно-технический журнал по строительству и архитектуре. 2010. №4-1. С. 251-255.
 6. Присс О.Г., Овчинников С.В. Судебная строительная экспертиза в Российской Федерации // Инженерный вестник Дона, 2014, № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2505.
 7. Новоселова И.В., Аль-Фатла А.Н.М., Дахнова Т.М. Организационно - технологические положения строительно - технических исследований по определению качества строительных конструкций// Инженерный вестник Дона, 2014, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7923.
 8. Семенов А.С. Организация технического обследования зданий жилищного фонда // Жилищное строительство: научно-технический и производственный журнал. 2010. № 12. С. 23-25.
-

9. Fore Stanley An analysis of factors influencing the quality of housing construction projects in the Western Cape, South Africa // Matter. International Journal of Science and Technology. 2017. №1. pp. 240-258. DOI: 10.20319/mijst.2016.s11.240258.

10. Dana K. Smith, Michael Tardif Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers. NJ: John Wiley & Sons Limited, 2009. p. 183.

11. Петров К.С., Швец Ю.С., Корнилов Б.Д., Шелкоплясов А.О. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255.

12. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Пингин Е.Е. Современные требования к уровню знаний судебного строительно-технического эксперта // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5641/.

13. Niamh M., Achkar L., Roberts A. "The people that no-one notices"? – The power of building control inspectors in sustainable construction // 32nd Annual Conference Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) "Technologies for Sustainable Built Environments". Manchester, 2016. Vol.32. pp. 1-10.

14. Топчий Д.В. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий // Вестник евразийской науки. Научный журнал. 2019. Т.11. №3. С. 1-9.

15. Егоров Е.А. Некоторые организационно-технологические решения по усилению фундаментов при реконструкции и надстройке зданий // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5674/

16. Новиков Н.С., Югов А.М. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2018, № 6(134), С. 35-39 URL: [donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-6\(128\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-6(128).pdf).

References

1. Sheina S.G., Balashev R.V., Zhivoglyadov G.A., Shahiev R.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.

2. Lyubin N.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.

3. Romanenko E.Yu., Vodolazskaya N.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, №1083 (1), pp.12055 URL: 1083.012055. 10.1088/1757- 899X/1083/1/012055.

4. Sergeev Yu.D., Sergeeva A.Yu., Mishhenko V.Ya., Myasishhev Yu.V., Myasishhev R.Yu. FE`S: Finansy`. E`konomika. Strategiya. Nauchno-prakticheskij i metodologicheskij zhurnal. 2019. T.16. №3. pp. 52-56.

5. Ginzburg A.V. Vestnik MGSU. Nauchno-texnicheskij zhurnal po stroitel`stvu i arxitekture. 2010. №4-1. pp. 251-255.

6. Priss O.G., Ovchinnikov S.V., Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2505.

7. Novoselova I.V., Al`-Fatla A.N.M., Daxnova T.M., Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7923.

8. Semenov A.S. Zhilishhnoe stroitel`stvo: nauchno-texnicheskij i proizvodstvenny`j zhurnal. 2010. № 12. pp. 23-25.

9. Fore Stanley. Matter. International Journal of Science and Technology. 2017. №1. pp. 240-258. DOI: 10.20319/mijst.2016.S11.240258.



10. Dana K. Smith, Michael Tardif Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers. NJ: John Wiley & Sons Limited, 2009. p. 183.
11. Petrov K.S., Shvecz Yu.S, Kornilov B.D., Shelkoplyasov A.O., Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255.
12. Zil'berova I.Yu., Petrov K.S., Pingin E.E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5641/.
13. Niamh M., Achkar L., Roberts A. 32nd Annual Conference Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) "Technologies for Sustainable Built Environments". Manchester, 2016. Vol.32. pp.1-10.
14. Topchij D.V. Vestnik evrazijskoj nauki. Nauchny`j zhurnal. 2019. T.11. №3. pp. 1-9.
15. Egorov E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5674.
16. Novikov N.S., Yugov A.M. Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arxitektury`, 2018, № 6(134), pp. 35-39. URL: [donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-6\(128\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-6(128).pdf).

Дата поступления: 3.11.2024

Дата публикации: 10.12.2024