ISSN 2409-739X

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы
XI научно-практической конференции

18-19 ноября 2021 года

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2021

ISSN 2409-739X

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы
XI научно-практической конференции

18-19 ноября 2021 года

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2021

УДК 620.1
О-25

Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы XI научно-практической конференции. 18-19 ноября 2021 года / *под ред. А. В. Улыбина.* – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2021. – 153 с.

Составители:
А. В. Улыбин
Н. С. Орлова

СОДЕРЖАНИЕ

Веселов В. В. Анализ обрушения каркаса при демонтаже покрытия спортивно-концертного комплекса «Петербургский»…… 5

Демьянов А. А., Ермохин Н. Е., Постнов Д. А. Разработка цифрового паспорта предприятия авиатопливообсепчения МО РФ ……... 14

Землянский А.А., Григоренко В. П., Землянский Л. А., Дворядкина П. А., Дворядкина Д. А. Оптимизация конструкции одиночного свайного и кольцевого фундамента нового поколения с активным преднапряжением по грунту……. 20

Корольков Д. И., Шубина Ю. И. Проблемы при прогнозировании остаточного ресурса с использованием величины физического износа…….. 28

Кузнецов А. В. Ошибка при анализе деформаций фундаментов зданий и сооружений……. 37

Кузнецова А. А., Пичугина А. А., BIM-технологии при обследовании зданий и сооружений……... 42

Малахов А. В., Косинов В. В., Марфин К. В. Опыт обследования каменных зданий постройки 60-х годов XX века……. 51

Нугужинов Ж. С., Кропачев П. А., Токанов Д. Т., Таженова Г. Д., Рахимов А. М., Алпысбаева С. Е. Экспертиза причин аварийных протечек мягкой кровли из полимочевины…….. 60

Нугужинов Ж. С., Альменов К. С., Иманов А. М. Внесение изменений в нормативные документы касательно монтажных соединений на высокопрочных болтах……... 70

Римшин В. И., Кецко Е. С., Трунтов П. С., Кузина И. С. Техническое обследование строительных конструкций подземных каналов очистных сооружений……. 82

Рогожкин Р. С., Жуйков В. Ю., Пешнина И. В. Цифровые технологии ведения строительного контроля…….. 95

Субботин А. И., Шутова М. Н., Вареница А. П., Подскребалин А. С. Применение метода 3D сканирования при обмерных работах в рамках инженерно-технических исследований объектов производственного и непроизводственного назначения……... 102

Фарфель М. И., Гукова М. И., Кондрашов Д. В., Коняшин Д. Ю. Значимость проведения мониторинга напряженного состояния конструкций уникальных сооружений……. 112
Шеховцов А. С., Пучкова Н. А. Результаты обследования бочарных сводов покрытия автобусного парка №6 в г. Санкт-Петербурге…… 129
Штенгель В. Г. О доверии к результатам полевых инструментальных обследований бетона эксплуатируемых сооружений……. 144

УДК 69.059

АНАЛИЗ ОБРУШЕНИЯ КАРКАСА ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ПОКРЫТИЯ СПОРТИВНО-КОНЦЕРТНОГО КОМПЛЕКСА «ПЕТЕРБУРГСКИЙ»

Веселов Виталий Владиславович, к.т.н., доцент
e-mail: veselov.1977@inbox.ru
ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, ПГУПС, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся материалы экспертизы по итогам прогрессирующего обрушения каркаса спортивно-концертного комплекса «Петербургский» в Санкт-Петербурге при его демонтаже в 2020 году. Выполнен анализ конструкции каркаса здания и уникального большепролетного мембранного покрытия, его дефектов, повреждений и технического состояния на момент завершения эксплуатации, адекватности технических решений по его демонтажу. Установлены причины и механизм неконтролируемого прогрессирующего обрушения каркаса, выявлен безопасный способ демонтажа стальной мембраны большепролетного покрытия на основе расчета математической модели в ряде расчетных программ и комплексов.

Ключевые слова: большепролетное покрытие; висячая конструкция; техническое состояние; проектирование демонтажа; обрушение каркаса; прогрессирующее разрушение; расчетные программы и комплексы.

ANALYSIS OF THE COLLAPSE OF THE FRAME DURING THE DISMANTLING OF THE COVERING OF THE SPORTS AND CONCERT COMPLEX «PETERBURGSKY»

Veselov Vitaliy V., Candidate of Technical Sciences, docent
e-mail: veselov.1977@inbox.ru
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg

ABSTRACT

The article presents the materials of the examination based on the results of the progressive collapse of the frame of the Petersburg sports and concert complex in St. Petersburg during its dismantling in 2020. The analysis of the structure of the building frame and the unique large-span membrane coating, its defects, damages and

technical condition at the time of completion of operation, the adequacy of technical solutions for its dismantling was carried out. The causes and mechanism of uncontrolled progressive collapse of the frame are established, a safe way of dismantling the steel membrane of a large-span coating is revealed based on the calculation of a mathematical model in a number of calculation programs and complexes.

Keywords: long-span coating; hanging structure; technical condition; dismantling design; frame collapse; progressive destruction; calculation programs and complexes.

Введение

Обрушение строительных конструкций зданий и сооружений, а также нарушение их работоспособности происходит на всех этапах жизненного цикла – при возведении объекта, его эксплуатации, производстве ремонтных работ, а также демонтаже [1-5]. Причинами, как правило, является человеческий фактор, связанный с ошибками проектирования (около 5% случаев), некачественным производством строительно-монтажных и демонтажных работ (около 70%), неграмотным эксплуатационным контролем (около 25%).

Кафедра «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО ПГУПС принимала участие в установлении причин неконтролируемого обрушения каркаса здания спортивно-концертного комплекса (СКК) «Петербургский» (рис. 1) при его демонтаже.

Уникальность объекта, одного из крупнейших в Европе и входящего в список величайших инженерных достижений XX века, заключается в оригинальной конструкции висячего покрытия (оболочка), которое не имеет аналогов и обладает рядом преимуществ перед сооружениями подобного класса [6]. Для таких объектов (класса КС-3) предъявляются особые требования на всех этапах жизненного цикла [7,8].

31 января 2020 года в процессе проведения демонтажных работ произошло неконтролируемое прогрессирующее обрушение покрытия и 80% каркаса здания (рис. 2). Обрушение произошло в результате разрушения наружного опорного железобетонного кольца при последовательной обрезке 12-ти узлов крепления несущей мембраны покрытия к кольцу.

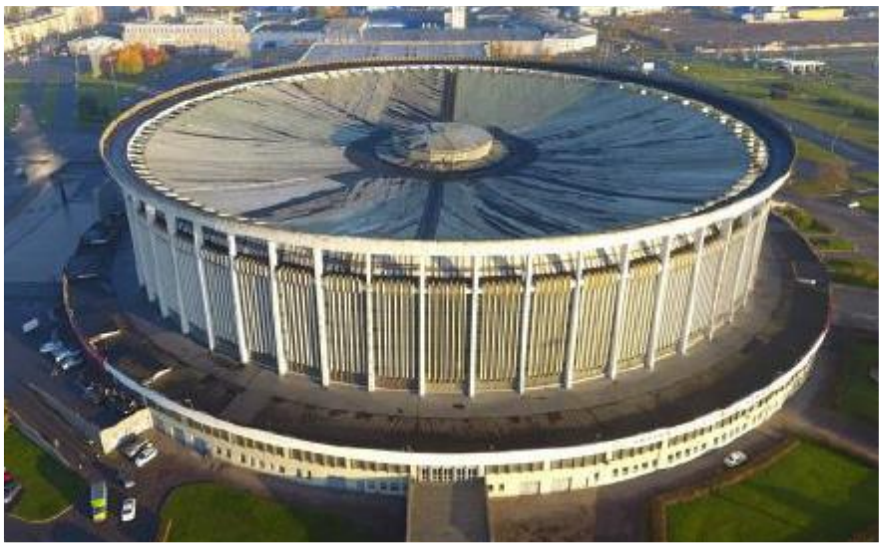


Рисунок 1 – Общий вид СКК до демонтажа

Рисунок 2 – Общий вид СКК после неконтролируемого разрушения

Здание СКК введено в эксплуатацию в 1980 году по проекту ЛЕНЗНИИЭП 1966-1969 года. В 2019 году ООО «ИСП «Георекконструкция» было проведено комплексное обследование здания перед его реконструкцией и выявлено аварийное состояние объекта, в частности, висячего покрытия [9].

Основными повреждениями покрытия являлись: пластинчатая коррозия несущей мембраны на всей площади, поражение мембраны язвенной коррозией до 50% площади мембранного покрытия (потеря сечения на участках язвенной коррозии составляет до 35%); разрушение антикоррозионного покрытия и самих узлов крепления мембраны к опорному кольцу, поворот узлов крепления вант к силовому кольцу, сдвиг узлов крепления, провисание и единичное отсоединение крайних раскосов стабилизирующих ферм.

По результатам комплексного обследования был рекомендован капитальный ремонт здания, в т.ч. с сохранением уникального покрытия [9]. Однако по ряду причин, в т.ч. политических, было принято решение о проведении реконструкции объекта с полным демонтажом каркаса. Подготовка к реконструкции здания была начата до завершения конкурса и без проектного решения.

Основное содержание доклада

В соответствии с базовым проектным решением здание СКК имело три независимо работающих каркаса: основной каркас наружного контура, внутренний каркас здания и каркас двухэтажной обстройки (строительные конструкции, кроме основного каркаса, были демонтированы).

Основной каркас здания СКК был образован 56 монолитными железобетонными колоннами (рис. 3) с жестким армированием. Колонны связаны по высоте промежуточными, кольцевыми монолитными железобетонными поясами с жестким армированием и верхним железобетонным сборно-монолитным опорным кольцом.

Рисунок 3 – Основной каркас здания СКК в процессе монтажа

Стальная провисающая мембрана покрытия (рис. 3) была очерчена по сферической поверхности радиусом 404 м. По контуру мембрана подвешивалась к сборно-монолитному железобетонному опорному кольцу диаметром 160 м, опирающемуся на основные колонны здания. В периферийной зоне мембраны по радиусам основных колонн были расположены 56 стабилизирующих полуферм, которые образованы предварительно-напряженным тросом (по нижнему

поясу) и треугольной системой раскосов, подвешенной к радиальным ребрам мембраны.

Опорное ж/б кольцо (рис. 3) собиралось из внешнего и внутреннего железобетонных сегментных блоков Г-образного сечения, устанавливаемых на опорные столики колонн. Блоки соединялись между собой и с заводимыми в образуемую ими полость арматурными каркасами ванной сваркой выпусков арматуры. Мембрана покрытия была выполнена из 56 стальных сварных полотнищ толщиной 6 мм (на основной площади) и 8 мм, 12 мм (в зоне примыкания к опорному кольцу), выполненных в форме лепестков. Лепестки шарнирно прикрепляются к кольцевой балке в 112 точках с шагом примерно 4,4 м. Согласно проектным материалам лепестки укладывались на Т-образные подкладки (постель) и фиксировались на болтах повышенной прочности с помощью накладок. Накладки выполнялись с заранее продавленными отверстиями диаметром 16 мм, которые впоследствии рассверливались в пакете с мембраной и Т-образными подкладками диаметром 21 мм. Лепестки мембраны имеют овальные дыры для постановки сборочных болтов на период монтажа.

До разрушения основного каркаса была демонтирована кровля, конструкции фонаря и стабилизирующие полуфермы. Согласно проекту производства работ, последовательная разрезка узлов крепления мембраны должна была привести только к обрушению мембраны. Прогрессирующее разрушение каркаса началось после разрезки 12-го узла крепления мембраны с потери прочности опорного кольца по нормальным сечениям (рис. 4). Далее существенные распорные усилия в уже незамкнутом опорном кольце привели к потере устойчивости положения колонн с дальнейшим прогрессирующим разрушением почти всего основного каркаса (рис. 2). Данный сценарий обрушения не предусматривался проектом производства работ.

С целью уточнения причин неконтролируемого прогрессирующего разрушения каркаса был выполнен расчет несущей способности основного каркаса СКК.

Рисунок 4 – Разрушение опорного кольца покрытия с последующим прогрессирующим разрушением каркаса

Формирование расчетных (механико-математических) моделей конструкции, их статический и динамический расчеты были выполнены с применением 3-х расчетных комплексов – SCAD, SAP2000, SolidWorks. В качестве расчетной модели основного каркаса здания была принята пространственная система из стержневых элементов (колонны, обвязочные контуры, опорные кольца, ребра мембраны, прогоны кровли, пластинчатые усиления мембраны в зоне вырезов) и пластинчатых элементов (листы мембраны). С целью дискретизации пластины мембраны были разбиты на конечные элементы размерами от 1х1 м (на основной площади) до 0,16х0,16 м (в опорной зоне примыкания к наружному кольцу).

Геометрия расчетной модели, размеры поперечных сечений и прочностные характеристики материалов приняты по проекту с учетом материалов технического отчета [9]. Примыкание железобетонных элементов друг к другу принято жестким, металлических конструкций – шарнирным (примыкание мембраны к опорному кольцу, примыкание прогонов кровли). Учтены жесткие вставки примыкания колонн к опорному кольцу и мембраны к ребрам. В качестве нагрузки рассматривался собственный вес элементов каркаса. Наличие строительного мусора и неточность размеров поперечных сечений элементов учитывалась коэффициентом надежности по нагрузке – 1,1.

Расчетные схемы (математические модели) каркаса приведены на рис. 5.

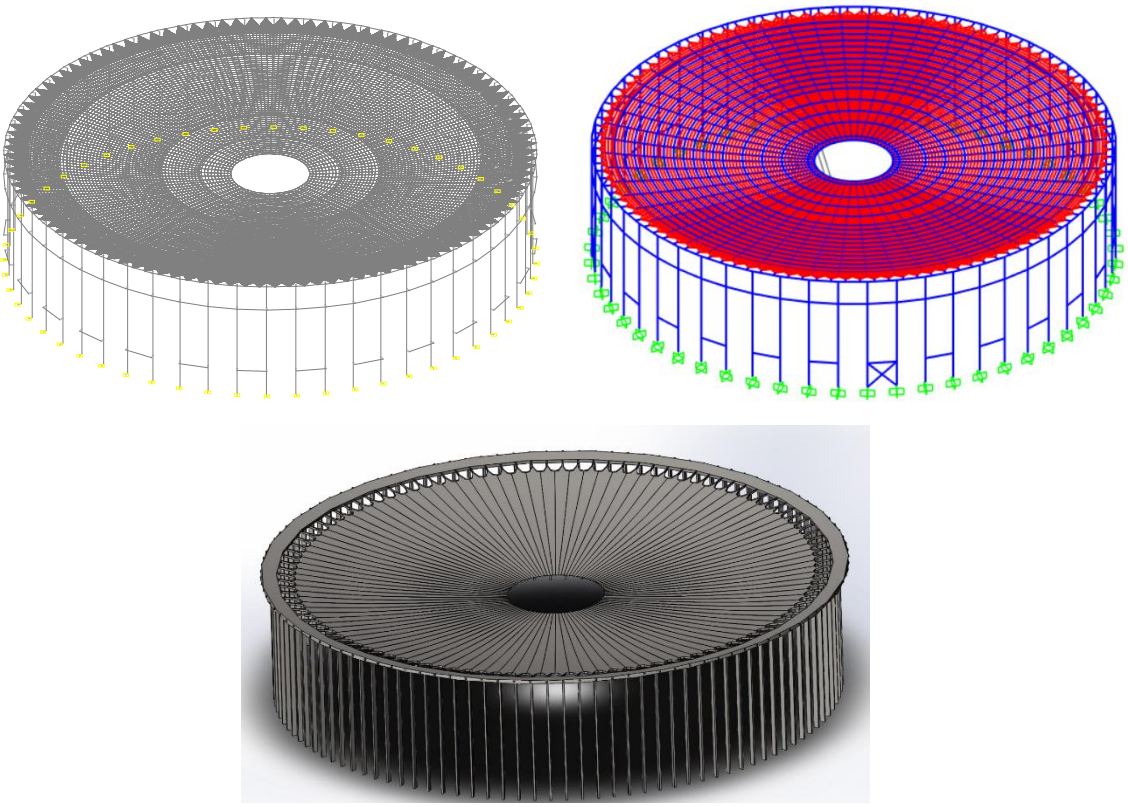


Рисунок 5 – Расчетные схемы (математические модели) каркаса в расчетных комплексах SCAD, SAP2000, SolidWorks

Была произведена оценка напряженно-деформированного состояния наружного опорного кольца при различных условиях загружения:

- 1-й вариант – загружение с учетом последовательного отключения связей по дуге наружного опорного кольца (удаление 12 креплений – соответствует фактическому прогрессирующему разрушению каркаса);

- 2-й вариант – загружение с учетом симметрично-последовательного отключения связей по дуге наружного опорного кольца (удаление 9 креплений через одно – соответствует предполагаемому безопасному режиму обрушения покрытия).

Для 2-го варианта загружения дополнительно рассматривалось динамическое воздействие при отрыве мембраны от опорного кольца. Результаты статического расчета, полученные с применением 3-х расчетных комплексов (SCAD, SAP2000, SolidWorks), совпадали с точностью до 20%, что подтверждает адекватность расчетных моделей. Было установлено, что динамическое воздействие при обрыве мембраны от внешнего опорного кольца не приводит с существенному увеличению усилий в опорном кольце.

Конструктивный (поверочный) расчет наружного опорного кольца выполнен с учетом наиболее неблагоприятных усилий на всех этапах загружения. Для

поверочного расчета был использован также сертифицированный программный комплекс NormCAD. При выполнении расчетов был учтен режим прогрессирующего разрушения (принимались нормативные сопротивления материалов, а величины деформаций не ограничивались), а также для арматуры принято временное сопротивление стали вместо предела текучести (режим полного исчерпания прочности материала). Класс бетона железобетонных конструкций был принят с учетом результатов обследования [9]. По результатам поверочных расчетов было установлено:

- опорное железобетонное кольцо при загружении по 1-му варианту начинает разрушаться в зоне максимального изгибающего момента с последующим прогрессирующим разрушением колонн;

- несущая способность опорного железобетонного кольца по 2-му варианту с учетом динамического воздействия при обрыве креплений обеспечивается с запасом около 5%;

- напряжения в мембране по 2-му варианту с учетом динамического воздействия при обрыве креплений составляют 470-610МПа, что соответствуют обрыву связей мембраны по всем узлам креплений и разрушению мембраны на приопорных участках.

Заключение

Прогрессирующее обрушение каркаса СКК «Петербургский» в Санкт-Петербурге произошло вследствие грубейших ошибок, допущенных при проектировании производства работ по демонтажу большепролетного висячего покрытия здания. Способ демонтажа мембраны путем последовательного отключения связей по дуге наружного опорного кольца неизбежно приводил к прогрессирующему разрушению здания в целом.

Демонтаж мембраны путем симметрично-последовательного отключения связей по дуге наружного опорного кольца при соблюдении мер безопасности и применении эффективных технологий позволял обеспечить сохранность наружного опорного кольца и несущих колонн каркаса.

Проектирование демонтажа каркасов уникальных объектов и повышенной ответственности (класса КС-3) должно выполняться с научно-техническим сопровождением и привлечением для расчета ряда независимых расчетных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обрушение покрытия спортивного зала школы в Мурино / Белый Г.И., Егоров В.В., Веселов В.В. // Материалы VIII международной научно-практической конференции: Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения. – СПб.: ПГПУ. 2018.-С.22-30.
2. Ресурсы работоспособности подкрановых балок при наличии дефектов и повреждений / Веселов В.В. // Межвуз. сборник статей: Вестник инженеров электромехаников ж/д транспорта. Самара: СГАПС. 2003.-С.384-387.
3. Эксплуатационная надежность железобетонных каркасов зданий по серии ИИ-04 / Веселов В.В. // Материалы VII международной научно-практической конференции: Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения. – СПб.: ПГПУ. 2017.-С.82-87.
4. Огнестойкость и долговечность железобетонных конструкций / Веселов В.В. // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы IX научно-практической конференции. 11-12 октября 2018 года / под ред. А.В. Улыбина. – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2018.-С.22-30.
5. Устойчивость заглубленных металлических сооружений / Веселов В.В. // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: Сборник научных статей XXIV научно-метод. конф. ВИТУ (19 марта 2020 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. [7,26Мб] / ВИ(ИТ). – СПб., 2020.-С.44-50.
6. Анализ и совершенствование конструктивных решений большепролетных покрытий ледовых дворцов и катков / Веселов В.В., Понамарева К.Н. // В сборнике: Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. Материалы конференции. 2018.-С.70-73.
7. Проблемы расчетов строительных конструкций с применением программных комплексов / Веселов В.В. // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы X научно-практической конференции. 10-11 октября 2019 года / под ред. А.В. Улыбина. – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2019. - С.22-27.
8. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М., 2015.
9. Техническое заключение. 02-2018-082. Техническое обследование конструкций здания спортивно-концертного комплекса «Петербургский», расположенного в квартале, ограниченном пр. Ю. Гагарина, ул. Кузнецовской, пр. Космонавтов, ул. Бассейной. – СПб.: ООО «ИСП «Георекнструкция», 2019.

УДК 69.058

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ПАСПОРТА ПРЕДПРИЯТИЯ АВИАТОПЛИВООБСЕПЧЕНИЯ МО РФ

Демьянов Алексей Анатольевич [1], ст.н.с., к.т.н., доцент
e-mail: Alexey-VITY@yandex.ru
Ермохин Никита Евгеньевич [2], оператор Научной роты
e-mail: ermoxin114@gmail.com
Постнов Дмитрий Алексеевич [3], курсант 4 курса Ульяновского института гражданской авиации
[1-3] ФГКВОУ ВПО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва» Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ), г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В данной работе проведён анализ целесообразности введения электронного цифрового паспорта предприятий авиатопливообеспечения МО РФ.

Рассмотрены перспективы использования цифровых моделей предприятий в строительстве и реконструкции аэропортов.

Ключевые слова: авиатопливообеспечение; цифровая модель; цифровой паспорт.

DEVELOPMENT OF THE DIGITAL PASSPORT OF THE ENTERPRISE OF AIRCRAFT SUPPLY OF THE RF MOD

Demyanov Alexey Anatolevich [1], PhD (Eng), senior researcher, Assoc. Prof.
e-mail: Alexey-VITY@yandex.ru
Ermokhin Nikita Evgenievich [2], scientific company operator
Postnov Dmitriy Alekseevich [3], 4th year cadet of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation
[1-3] Research Institute of the Federal State-Owned «Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg

ABSTRACT

This paper analyzes the feasibility of introducing an electronic digital passport for aviation fuel supply enterprises of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

The prospects of using digital models of enterprises in the construction and reconstruction of airports are considered.

Keywords: fuel supply enterprises; digital model; digital passport.

Введение

Актуальность работы заключается в применении технологии трёхмерного моделирования на предприятиях авиатопливообеспечения, и разработка цифрового паспорта объекта.

На сегодняшний день в связи со стремительным ростом уровня развития технологий [1] появляется и реконструируется большое количество промышленных объектов.

Использование трёхмерной модели предприятия авиатопливообеспечения при его планировании, постройке, и реконструкции [2] значительно снизит стоимость работ, а также поспособствует автоматизации процессов и повышению безопасности на объекте.

Кроме использования модели для ведения строительных работ, возможно её использование для создания образовательных программ, контроля производственных процессов, а также планирования логистики предприятия.

Цифровой паспорт предприятия авиатопливообеспечения МО РФ

С активным процессом цифровизации предприятий авиатопливообеспечения, возникает потребность унифицированной базе данных предприятий, способной собрать все данные об объекте для удобства пользования.

Цифровой паспорт предприятия авиатопливообеспечения – цифровая информационная модель [3] действующего объекта, способная передавать его структуру и свойства, а также позволяющая получать данные непосредственно из базы данных предприятия.

Цифровой паспорт может содержать в себе следующую информацию (рис. 1):

- Трёхмерную модель предприятия авиатопливообеспечения МО РФ, включающую в себя трубопроводные коммуникации, а также технологическое оборудование;
- Генеральный план предприятия, а также отдельных зданий и сооружений;
- Фото-видео материалы предприятия, а также данные аэрофотосъёмки.

Рисунок 1 - Структура цифрового паспорта предприятия авиатопливообеспечения

Применение цифрового паспорта предприятия авиатопливообеспечения в области проектирования заключается в создании трёхмерного прототипа предполагаемого объекта, наличием трубопроводных коммуникаций, а также оборудованием, планируемого к установке. Это позволяет избежать конструкционных просчётов, а также расположить виртуальный объект на предполагаемом рельефе.

В процессе строительства, реконструкции, и модернизации объекта трёхмерная модель поможет быстро получить необходимую информацию об объекте в несколько кликов. Получение сечения с указанными размерностями является одной из возможных функций. Возможен разрез не только отдельного технологического узла, но также и модели в целом (рис. 2).

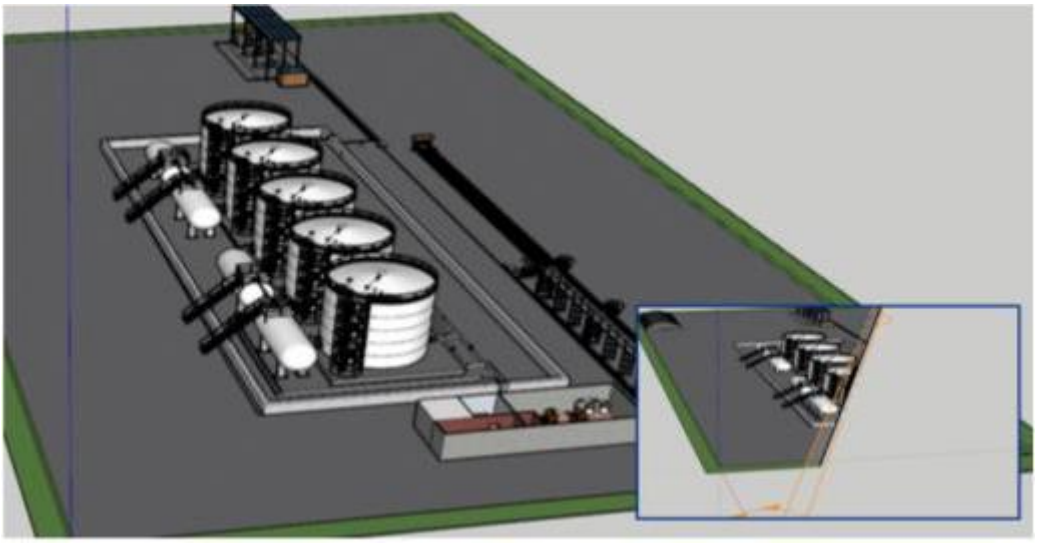


Рисунок 2 - Сечение прототипа промышленного объекта

Существует возможность проведения тестирования конструкций на прочность и прогнозирование её ресурса. Это способствует снижению вероятности конструктивной ошибки, снижает риск несчастного случая, а также позволяет производить подбор материалов определённых характеристик.

Используя 3D сканер можно создать проекцию [4] любой величины, учитывая деформацию и разрушение конструкции.

При помощи программы Ansys производится редакция макета [5]. В результате, полученная модель подвергается тестированию с целью выявления запаса прочности конструкции и выявления слабых мест. Анализ производится программой в автоматическом режиме, но остается возможность проведения диагностики вручную. На рис. 3 представлен макет анализа сварных швов резервуара РВС-3000.

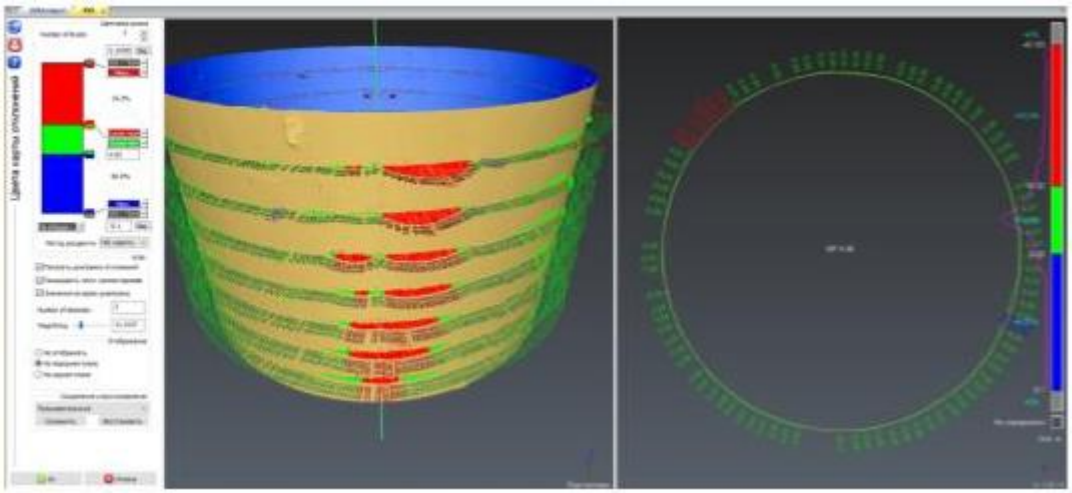


Рисунок 3 - Проведение анализа сварных швов РВС-3000 при помощи программы Ansys

Применение цифрового паспорта предприятия авиатопливообеспечения в области пусконаладочных работ

Период выполнения пусконаладочных работ на предприятии авиатопливообеспечения является одним из наиболее опасных. Большое количество несчастных случаев происходит по ошибке во время выполнения обслуживания. Для повышения уровня безопасности предприятия, а также автоматизации процесса контроля за выполнением работ по обслуживанию трубопроводных коммуникаций была продумана логистика выделения цветом [6] технологической линии, в зависимости от статуса монтажа (рис. 4). Данная разработка является наиболее быстрым и доступным способом получения информации, сводя риск возникновения нештатной ситуации на объекте к минимуму.

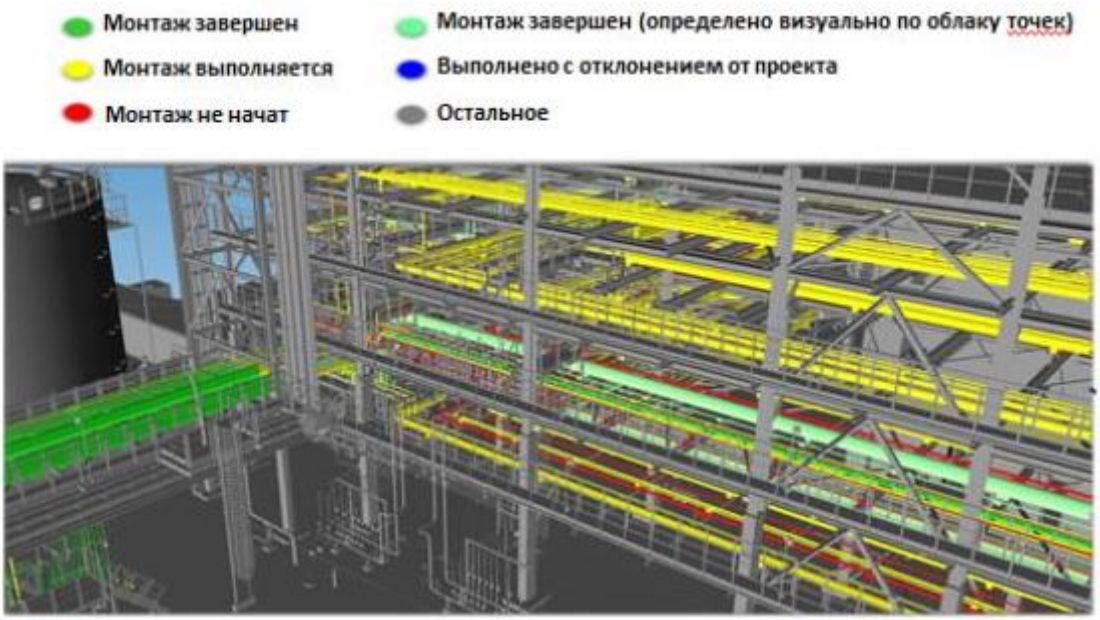


Рисунок 4 - Цветовое выделение трубопроводных коммуникаций в зависимости от статуса монтажных работ

Для получения наиболее полной информации, предполагается привязка классических, а также панорамных фотоснимков к детализированной модели, что позволит ремонтной бригаде предварительно ознакомиться с местом проведения работ.

Заключение

Предполагаемыми результатами внедрения цифрового паспорта предприятия авиатопливообеспечения МО РФ являются:

- повышение уровня безопасности, а также снижение количества несчастных случаев на объекте;

- повышение уровня квалификации персонала;

- получение трёхмерного прототипа предприятия, с возможностью виртуального присутствия на объекте;

- объединение баз данных и документации об объекте в одной структуре;

- возможность планировки реконструкции, а также тестирования используемых материалов перед началом застройки;

- доступный способ получения информации об узле или объекте каждым работником, исходя из уровня допуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий ин - формационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 926/пр от 29.12.2014 года (с изменениями на 4 марта 2015 года) // Электронный фонд «Тех эксперт» — URL: http://docs.cntd.ru/document/420245345.
2. Маслов, К. Ю. 3D моделирование в промышленной сфере / К. Ю. Маслов, М. Ю. Похорукова. // Молодой ученый. — 2016. — № 11.3 (115.3).
3. Меженин А.В. Технологии разработки 3D-моделей. Учебное пособие. – СПб:Университет ИТМО, 2018 – 100 с.
4. Сиденко, Л. А. Компьютерная Графика и геометрическое моделировании/ Сиденко Л. А – Издательский дом "Питер", 2013
5. В.О. Тишкин, Методика сборки и обработки данных, полученных в процессе 3D-сканирования, Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. №1(71), 2011. стр. 87–92.
6. Архитектурное 3D-моделирование в SketchUp: Учебно-методическое пособие. /Д. А. Егоров. − Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект. строит. ун-та, 2018 − 41с.

УДК 624.072

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОДИНОЧНОГО СВАЙНОГО И КОЛЬЦЕВОГО ФУНДАМЕНТА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С АКТИВНЫМ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЕМ ПО ГРУНТУ

Землянский Анатолий Андреевич [1], профессор, д. т. н. кафедра ПГС
e-mail: zeml_aa@mail.ru
Григоренко Владимир Павлович [2], зам. директора по кап. строительству
Землянский Леонид Анатольевич [3], начальник отдела по планированию контролю и анализу поставок
Дворядкина Полина Андреевна [4], студентка гр СТЗС-31
e-mail: urkbanikdayrvoddd@mail.ru
Дворядкина Дарья Андреевна [5], студентка гр СТЗС-31
e-mail: dddovryadkinabkru@mail.ru
[1, 4, 5] Балаковский инженерно-технологический институт (БИТИ) - филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
[2, 3] Балаковская АЭС
г. Балаково

АННОТАЦИЯ

В работе представлено описание и использование эффекта преднапряжения в различных фундаментах глубокого заложения с его теоретическим обоснованием. Выполнена оптимизация процесса проектирования фундаментов глубокого заложения и получены аналитические выражения для определения оптимальной величины диаметра и длины фундамента глубокого заложения с учетом преднапряжения последнего по грунту. В ходе оптимизации конструкции фундаментов глубокого заложения с активным преднапряжением по грунту были использованы три базовых принципа, связанных с экономией материала, снижением трудозатрат и сокращением сроков возведения указанных элементов.

Ключевые слова: преднапряжение по грунту; свайные фундаменты; аналитические выражения; принципы.

OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF A SINGLE PILE AND RING FOUNDATION OF A NEW GENERATION WITH ACTIVE SOIL PRE-STRESSING

Zemlyansky Anatoly Andreevich [1], professor, doctor of technical sciences, head of the department of ASG
e-mail: zeml_aa@mail.ru
Grigorenko Vladimir Pavlovich [2], Deputy Director for Capital Construction
Zemlyansky Leonid Anatolyevich [3], Head of Supply Planning and Review
Dvoradkina Polina Andreevna [4], Student of the group STZS-31
e-mail: urkbanikdayrvoddd@mail.ru
Dvoradkina Daria Andreevna [5], Student of the group STZS-31
e-mail: dddovryadkinabkru@mail.ru
[1, 4, 5] Balakovo Engineering and Technology Institute – a branch of the federal state autonomous educational institution of higher education «National Research Nuclear University «MEPHI»
[2, 3] Balakovo NPP,
Balakovo

ABSTRACT

The paper describes and uses the prestress effect in various foundations of deep foundation with its theoretical justification. The deep foundation design process was optimized and analytical expressions were obtained to determine the optimal diameter and length of the deep foundation, taking into account prestress of the latter on the soil. In the course of optimizing the construction of deep foundations with active prestressing on the soil, three basic principles related to material savings, reduced labor costs and reduced construction time of these elements were used.

Keywords: soil prestress; pile foundations; analytical expressions; principles.

Обзор публикаций в отечественной и зарубежной печати позволил установить, что в настоящее время при создании различных по конструкции и технологии изготовления свайных фундаментов, в частности забивных, набивных, буронабивных или инъекционных свай, отсутствует понятие преднапряжения свайных фундаментов по окружающему грунту.

Авторами настоящей работы выявлено, что эффект преднапряжения неосознанно используется в различных фундаментах глубокого заложения, в

частности при создании и эксплуатации пирамидальных забивных свай, буронабивных и инъекционных свайных фундаментов, изготавливаемых с использованием жестких уплотняемых бетонных смесей. В каждом из рассматриваемых случаев, даже при упрощенной технологии и грубой оценке, явно прослеживаются положительные эффекты, связанные с определенным повышением общей несущей способности данных свай по сравнению с традиционными конструктивными решениями.

Эксперименты, выполненные в полевых условиях, позволили установить, что несущая способность даже коротких висячих набивных, забивных и буронабивных свай на 60-70% обусловлена трением боковой поверхности рассматриваемых свай о грунт, поэтому искусственное увеличение нормальных и касательных напряжений по контакту с грунтом будет приводить к значительному увеличению общей несущей способности свай.

Указанный эффект применительно к свайным фундаментам может быть управляемым и планируемым при создании рабочего ствола сваи с использованием преднапряжения грунта, окружающего сваю. В ходе реализации рассматриваемого эффекта разработана методика расчета несущей способности предлагаемых преднапряженных свайных фундаментов, создана технология их изготовления и запроектирована специальная технологическая оснастка.

В основу расчета несущей способности рассматриваемых преднапряженных свайных фундаментов положены следующие принципы.

Сопротивление грунта по боковой поверхности ствола сваи формируется за счет горизонтальных и радиально приложенных к свае давлений p, возникающих вокруг ствола сваи при ее изготовлении. Однако с течением времени происходит релаксация этих давлений до величины p*, которая и должна учитываться в практических расчетах при определении удельного сопротивления грунта по боковой поверхности преднапряженной сваи с использованием формулы:

$$f = p^* tg\varphi + c, \qquad (1)$$

где: f - удельное сопротивление грунта по боковой поверхности сваи;

p*- горизонтальное давление обжатия ствола сваи в стабилизированном состоянии грунта, окружающего сваю;

φ и c - соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта.

Конечное стабилизированное горизонтальное давление обжатия ствола сваи может быть определено исходя из существующих представлений об упругопластических деформациях грунта вокруг сваи и с использованием откорректированной методики расчета указанных давлений, разработанной профессором СГТУ Ф.К. Лапшиным [1].

Предполагается, что работа диссипации, затрачиваемая на деформацию грунта в пластической зоне, является необратимой, так как она полностью рассеивается и превращается во внутреннюю энергию хаотичного и теплового движения частиц грунта [1]. Работа, затрачиваемая на упругие деформации, накапливается в грунте путем преобразования кинетической энергии в потенциальную и полностью возвращается во внешнюю среду при пассивной деформации грунта. Таким образом, давление обжатия сваи, в конце концов, определяется только энергией обратимых деформаций грунта в упругой зоне.

Величину конечного стабилизированного давления обжатия ствола сваи при внешних горизонтальных давлениях, не превышающих в начальный момент времени обжатия предельных значений, при которых в грунте возможно формирование локальных областей предельного равновесия, можно определить по формуле:

$$p^* = \frac{2D^2(1+v)}{(D^2 - d_л^2)\cdot E_{упр}} p(p_p - p_0)\cdot\left(\frac{p + c\cdot ctg\varphi}{p_p + c\cdot ctg\varphi}\right)^{\frac{1+\sin\varphi}{\sin\varphi}}, \quad (2)$$

где: v - коэффициент Пуассона;

D и $d_л$ - соответственно диаметры рабочего ствола сваи и лидерной скважины;

$E_{упр}$ - модуль упругой деформации грунта в упругой области работы;

p - величина первоначального горизонтального давления обжатия ствола сваи и окружающего грунта;

p_o - природное горизонтальное давление грунта;

p_p - давление пластического течения грунта.

При эффективном преднапряжении грунта вокруг ствола сваи грунт будет находиться в запредельной области деформирования, что в действительности приведет к еще более высоким практическим результатам, так как при локальном выходе в запредельную область деформирования грунта возможно самоупрочнение грунта и, соответственно, значительное увеличение несущей способности сваи, преднапряженной по грунту.

Имея повышенное значение удельного сопротивления грунта по боковой поверхности сваи, все необходимые расчеты по оценке несущей способности и деформируемости новых свай преднапряженных по грунту можно выполнить по традиционной методике, представленной в СНиП 2.02.03-85 [2, 3].

Выполненное теоретическое обоснование указанного явления позволило установить, что в процессе ползучести грунта в области ее затухающей части загружаемое грунтовое основание упрочняется, что аналогично явлению наклепа в металлах, чем и объясняется физическая модель упрочнения грунта.

С целью обоснования эффекта преднапряжения в свайных и кольцевых фундаментах в лаборатории «Надежность оснований, фундаментов и строительных конструкций зданий и сооружений» Балаковского института техники, технологии и управления был выполнен комплекс экспериментальных и теоретических исследований с использованием методов математического планирования экспериментов. Кроме отмеченного авторами данной статьи был проведен цикл работ по оптимизации расчета и проектирования свайных и кольцевых фундаментов с преднапряжением [4, 5].

Оптимизация является очень важным этапом при создании экономичных строительных конструкций. В основу любого проектирования фундаментов положены **три основных принципа**: экономия материала фундамента, снижение трудозатрат при возведении фундамента и сокращение сроков строительства. Предлагаемые полые свайные фундаменты с преднапряжением, из которых можно легко создать эффективную систему кольцевого преднапряжения грунта или кольцевого фундамента РВС большого объема, можно отнести, с учетом их весьма высокой несущей способности, к микросваям. С целью дополнительного анализа путей дальнейшего повышения удельной несущей способности указанных микросвай за критерий оптимальности можно принять объем свай и, как следствие отмеченного, минимальный расход материалов.

Искомые оптимальные параметры полой сваи - диаметр сваи D и длину сваи L - можно находить из условия минимума ее объема V при определении несущей способности N. Исследование функции объема микросваи $V = f_1 (D, L)$ выполняется как функция двух независимых переменных, то есть:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L. \qquad (3)$$

Анализируя представленную функцию V = f_1 (D, L), будем искать точки условных экстремумов при заданном уравнении связи переменных D и L. Уравнением связи в данном случае будет являться уравнение несущей способности исследуемой микросваи N = f_2 (D, L):

$$N = \frac{\pi D^2}{4} R + \pi D L f, \tag{4}$$

где: R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом микросваи;

f - среднее расчетное сопротивление грунта по боковой поверхности ствола микросваи.

С целью упрощения последующих преобразований введем следующие обозначения: $\frac{\pi R}{4} = a;\ \frac{\pi}{4} = b;\ \pi f = c; D = x; L = y.$

Проведя замену, получаем уравнения объема и несущей способности сваи в следующем виде:

$$\mathrm{V} = \mathrm{b}x^2 y, \tag{5}$$

$$\mathrm{a}x^2 + cxy - N = 0. \tag{6}$$

Таким образом, поставленная задача сводится к нахождению точек условных экстремумов, так как для практических целей требуется найти наибольшее и наименьшее значение объема ствола исследуемой микросваи в плоскости V = f_1(x, y) для точек пересечения ее с плоскостью $\mathbf{f_2\ (x,\ y) = 0}$. Для решения сформулированной задачи составим функцию Лагранжа:

$$\mathrm{F(x,y)} = f_1(x,y) + \lambda f_2(x,y) = bx^2 y + \lambda(ax^2 + cxy - N), \tag{7}$$

где λ– неопределенный постоянный множитель.

Условным экстремумом представленной функции будет являться обычный экстремум вспомогательной функции. Необходимые условия существования экстремума сводятся к системе трех уравнений:

$$\left.\begin{array}{c} \dfrac{\partial F}{\partial x} = \dfrac{\partial f_1}{\partial x} + \lambda \cdot \dfrac{\partial f_2}{\partial x} = 2bxy + \lambda(2ax + cy) = 0 \\ \dfrac{\partial F}{\partial y} = \dfrac{\partial f_1}{\partial y} + \lambda \cdot \dfrac{\partial f_2}{\partial y} = bx^2 + \lambda cx = 0 \\ f_2(x,y) = ax^2 + cxy - N = 0. \end{array}\right\} \tag{8}$$

Так как нас интересует условный минимум, то вывод о существовании и характере условного экстремума можно сделать на основе изучения знака второго дифференциала функции Лагранжа:

$$d^2F(x,y) = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} dx^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} dxdy + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} dy^2. \tag{9}$$

Полученная функция имеет минимум при выполнении условия $d^2F(x,y)>0$. Решая систему уравнений (8), отбрасывая $x<0$, $y<0$ и учитывая основное условие $d^2F(x,y)>0$, получим искомые оптимальные величины x и y или оптимальный диаметр сваи и оптимальную длину сваи. Для этого из второго уравнения системы (8) находим:

$$\lambda = -\frac{b}{c}x, \tag{10}$$

которые подставляем в первое уравнение системы (8). В результате, выполнив вышеприведенные мероприятия, получим:

$$\begin{gathered} 2bxy - \frac{b}{c}x(2ax + cy) = 0 \Rightarrow 2bxy - \frac{2ab}{c}x^2 - bxy = 0 \Rightarrow \\ bxy - \frac{2ab}{c}x^2 = 0 \quad |: bx \Rightarrow y - \frac{2a}{c}x = 0, \end{gathered} \tag{11}$$

$$\text{откуда } y = \frac{2a}{c}x. \tag{12}$$

Выражение (12) подставим в уравнение (3) системы (8) в результате получим:

$$ax^2 + cx \cdot \frac{2a}{c}x - N = 0 \Rightarrow 3ax^2 = N \Rightarrow x^2 = \frac{N}{3a} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{N}{3a}}. \tag{13}$$

Подставляя полученное выражение (13) в уравнение (12) получим:

$$y = \frac{2a}{c}\sqrt{\frac{N}{3a}}. \tag{14}$$

Учитывая принятые впереди обозначения можно получить искомые оптимальные величины диаметра сваи и ее длины, выполненной с преднапряжением по грунту, либо оптимального диаметра и высоты кольцевого фундамента с преднапряжением грунта внутри фундамента:

$$D_{\text{опт}} = 2\sqrt{\frac{N}{3\pi R}}; \tag{15}$$

$$L_{\text{опт}} = \frac{R}{f_i}\sqrt{\frac{N}{3\pi R}}. \tag{16}$$

В результате оптимальное соотношение между длиной сваи L и диаметром ствола D можно представить в виде:

$$\frac{L}{D} = \frac{R}{2f_i}. \tag{17}$$

Выводы

Исследование полученного выражения показало, что у исследуемой сваи, преднапряженной по грунту, расчетное сопротивление грунта по боковой поверхности имеет очень большое абсолютное значение из-за активного преднапряжения грунта по боковой поверхности. Последнее приводит к тому, что для сохранения оптимальных параметров и максимального увеличения несущей способности сваи или кольцевого фундамента, преднапряженного по грунту при постоянной длине свайного фундамента или высоте кольцевого фундамента, необходимо просто увеличить рабочий диаметр исследуемой сваи или кольцевого фундамента, при сохранении постоянными остальных конструктивных параметров указанных фундаментов, что наглядно подтверждается и широкомасштабными экспериментами, выполненными авторами настоящей работы, а также полученной системой корреляционных уравнений, в которых диаметр указанных фундаментов всегда является доминирующим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям. Саратов: Изд-во ун-та, 1979. 152 с.
2. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, – 1986. – 44 с.
3. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. М.: НИОСП им. Н. М. Герсеванова. 81 с.
4. Землянский А.А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения. Саратов: Изд-во СГТУ, 2005. – 320 с.
5. Землянский А.А. Фундаменты стальных резервуаров и деформации их оснований. Землянский А.А., Коновалов П.А., Мангушев Р.А., Сотников С.Н., Тарасенко А.А. – Москва: Изд-во «Ассоциация строительных вузов», 2009. – 336 с.

УДК 69

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЛИЧИНЫ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА

Корольков Дмитрий Игоревич [1], аспирант
e-mail: korol9520@yandex.ru
Шубина Юлия Игоревна [2], магистрант
e-mail: y.shubina05@gmail.com
[1, 2] ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье приведен краткий анализ методик оценки физического износа для последующего расчета гамма-процентного ресурса. Выполнено обследование деревянных балок, выполненных из бруса LVL марки «Ultralam» типа «R». Осуществлены расчеты физического износа по результатам визуального обследования. Результаты показали хорошую сходимость. Установлено, что примененные уравнения не позволяют учесть особенности работы указанных балок и условия их эксплуатации. Также проведен расчет гамма-процентного ресурса с последующим определением остаточного ресурса. Показано, что применение интервального значения физического износа для присвоения категории технического состояния не позволяет достоверно определять остаточный ресурс.

Ключевые слова: физический износ здания; остаточный ресурс; деревянные конструкции; гамма-процентный ресурс; строительные конструкции.

PROBLEMS IN PREDICTING THE RESIDUAL RESOURCE USING THE VALUE OF PHYSICAL WEAR

Korolkov Dmitry Igorevich [1], postgraduate
e-mail: korol9520@yandex.ru
Shubina Yulia Igorevna [2], master's student
e-mail: y.shubina05@gmail.com
[1, 2] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg

ABSTRACT

The article provides a brief analysis of methods for assessing physical wear and tear for the subsequent calculation of the gamma-percentage resource. Inspection of wooden beams made of "Ultralam" LVL lumber of "R" type was carried out. Calculations of physical wear have been carried out based on the results of visual inspection. The results showed good convergence. It was found that the applied equations do not allow taking into account the peculiarities of the operation of these beams and the conditions of their operation. Also, the calculation of the gamma-percentage resource was carried out, followed by the determination of the residual resource. It is shown that the use of an interval value of physical wear to assign a category of technical condition does not allow to reliably determine the residual life.

Keywords: physical deterioration of the building; residual resource; wooden structures; gamma percent resource; building construction.

Целью технического обследования зданий и сооружений является оценка технического состояния здания, а также определение физического износа. Под физическим износом подразумевается утрата элементами конструкций первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека [1].

На данный момент времени определение физического износа осуществляется инструментальным обследованием или нормативно-экспертными методиками. Инструментальное обследование включает в себя: инструментальное определение параметров дефектов и повреждений, в том числе динамических параметров; определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов; определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями, с учетом деформаций грунтов основания. По итогам инструментального обследования зданию или сооружению присваивается категория технического состояния, а также осуществляется прогнозирование изменения его эксплуатационных качеств.

Существует много методов определения физического износа зданий и сооружений [2–8]. Рассмотрим те из них, которые не связаны со стоимостными параметрами.

Метод определения физического износа по техническому состоянию используется, как правило, для гражданских зданий (жилые и общественные здания). При его применении в оценочной практике руководствуются нормативным документом [9].

Физический износ на основе метода фактического возраста (метод определения физического износа по нормативным срокам службы) определяется по формуле:

$$Ph = \frac{T_ф}{T_h} \cdot BC = \frac{T_ф}{T_h} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $T_ф$ – фактический возраст;

T_h – нормативный срок службы;

BC – восстановительная стоимость.

Метод не учитывает работы по восстановлению и увеличению эксплуатационного ресурса здания (капитальный ремонт или реконструкция).

Модифицированный метод срока жизни основан на применении регрессионной зависимости, адекватно описывающей характер изменения физического износа зданий и оборудования от срока эксплуатации и срока полезной службы [10]:

$$Ph = 1 - \exp\left[(a \cdot СПС + b) \cdot \left(\frac{t}{СПС}\right)^{c \cdot СПС + d}\right], \quad (2)$$

где $СПС$ – срок полезной службы объекта, лет;

t – срок эксплуатации или эффективный возраст объекта, лет;

a, b, c и d – эмпирические коэффициенты уравнения регрессии, определяемые по табл. 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов уравнения регрессии [10]

Отрасль	Коэффициенты уравнения регрессии				
	a	b	c	d	R^2
Коммерческая недвижимость	0,0085	–1,7995	0,0229	1,0712	0,997931
Жилая недвижимость	0,0068	–1,7558	0,0064	1,3670	0,998387

Данная величина может быть определена на основании возраста самого объекта деревянного домостроения (рис. 1).

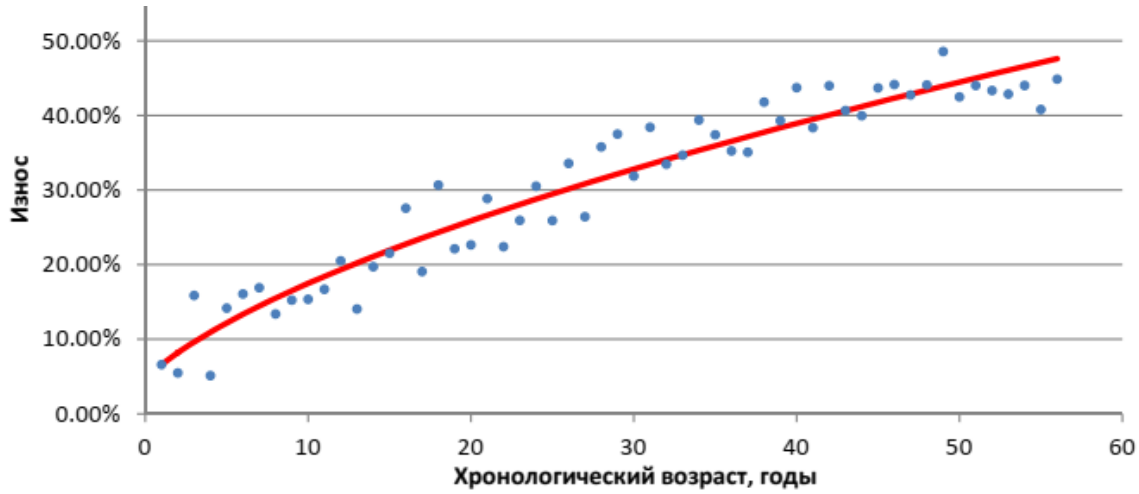


Рисунок 1 – Процесс накопления физического износа деревянными зданиями [11]

Физический износ согласно методике А.В. Белых [11] определяется по формуле:

$$y = 0{,}0169 \cdot \ln(x) \cdot x^{0{,}446} + 0{,}0661, \quad (3)$$

где y – значение физического износа;

x – хронологический возраст здания.

Однако, такая методика имеет ограничение по предельному возрасту эксплуатации, поэтому ее применение ограничено для деревянных зданий возрастом не более 55 лет (рис. 2).

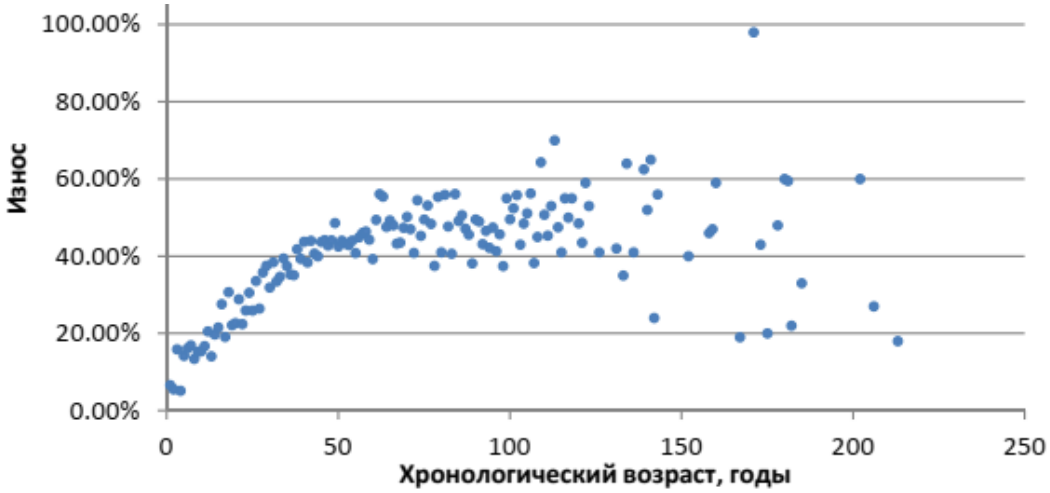


Рисунок 2 – Сопоставление возраста и величины физического износа в среднем для деревянных зданий [11]

Для анализа примем конструкцию покрытия физкультурно-оздоровительного комплекса. Несущие элементы выполнены из LVL бруса марки «Ultralam» типа «R». Поперечное сечение балок прямоугольное и имеет размеры 220(b)x1000(h) мм, длиной 16,0 м. Сечение прогонов, по данным

обмерных работ, выполнено размерами 240(b)x320(h) мм. Общий вид конструкции покрытия представлен на рис. 3, 4.

Рисунок 3 – Общий вид несущих балок конструкции покрытия помещения

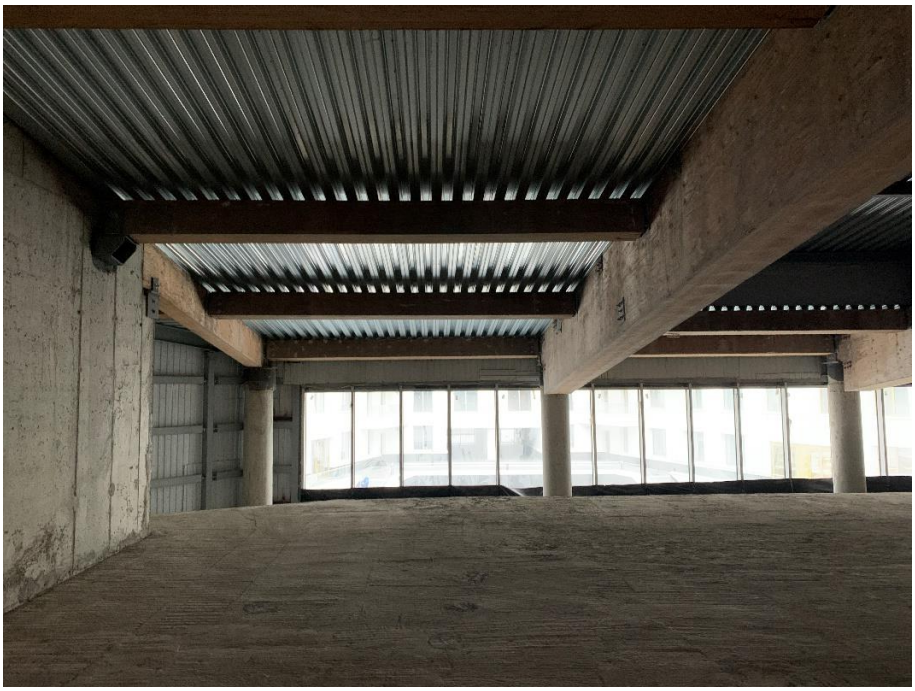


Рисунок 4 - Общий вид прогонов конструкции покрытия помещения

По результатам комплексного обследования выявлены следующие дефекты и повреждения конструкции покрытия: коррозия стальных закладных деталей узлов сопряжения конструкций (шпильки, гайки, шайбы, накладки); отсутствие химических мер защиты конструкций: антисептирующих, влагозащитных и огнебиозащитных; повреждение балок покрытия

заболонными грибными окрасками и синевой; следы систематического увлажнения элементов конструкции покрытия. Основные дефекты и повреждения представлены на рис. 5–7.

Рисунок 5 – Грибковое поражение элементов конструкции покрытия

Рисунок 6 – Грибковое поражение элементов конструкции покрытия

Рисунок 7 – Коррозия стальных элементов соединения конструкций покрытия

На основании имеющихся исходных данных оценка остаточного ресурса будет выполнена с применением экспоненциального распределения.

Расчет выполняется согласно методике [12] при условии, что величина относительной надежности назначается в зависимости от расчетной величины физического износа. В отличие от первого варианта назначение категории технического состояния проводится на основании количественной оценки

величины физического износа. Каждой категории технического состояния соответствует свой интервал величины физического износа (табл. 2) [13].

Таблица 2 – Назначение категории технического состояния в зависимости от величины физического износа [13]

Физический износ, %	Категория технического состояния	Характеристика состояния
0–20	Нормативное	Повреждений нет или имеются устранимые при текущем ремонте мелкие повреждения
21–40	Работоспособное	Конструктивный элемент пригоден для эксплуатации; требуется текущий ремонт
41–70	Ограниченно-работоспособное	Эксплуатация возможна при условии значительного капитального ремонта
Более 70	Аварийное	Требуется проведение охранных мероприятий и полная замена элемента

Расчет величины физического износа выполнен разными методиками и методами для сравнения полученных результатов.

По методике для целей массовой оценки:

$$y = 0{,}0169 \cdot \ln(7) \cdot 7^{0{,}446} + 0{,}0661 = 14{,}0\%$$

По модифицированному методу срока службы:

$$И_{физ} = 1 - \exp\left[\left(0{,}0085 \cdot 50 + (-1{,}7995)\right) \cdot \left(\frac{7}{50} \right)^{(0{,}0229 \cdot 50 + 1{,}0712)} \right] = 17{,}0\%$$

По результатам выполненных расчетов физического износа конструкций покрытия физкультурно-оздоровительного комплекса было установлено, что физический износ по методике А.В. Белых составляет 14,0%. Согласно методике В.Н. Цуканова численное значение физического износа – 17,0%.

Согласно табл. 2 полученная величина физического износа соответствует работоспособной категории технического состояния.

Согласно Методике [12] относительная надежность для нормативной категории технического состояния равна 0,99.

Согласно Методике [12] расчет выполняется до капитального ремонта и аварийного технического состояния.

Постоянная физического износа равна:

$$\lambda = -\frac{\ln J}{t_ф} = -\frac{\ln 0{,}99}{7} = 0{,}0014, \quad (4)$$

Срок эксплуатации до капитального ремонта:

$$t = \frac{0{,}162}{\lambda} = \frac{0{,}162}{0{,}0014} = 114{,}29 \approx 114 лет, \quad (5)$$

Остаточный ресурс будет равен:

$$T_{ост} = T - t_{фак} = 114 - 7 = 107 лет, \quad (6)$$

Срок эксплуатации до аварийного состояния:

$$t = \frac{0{,}22}{\lambda} = \frac{0{,}22}{0{,}0014} = 157{,}14 \approx 157 лет, \quad (7)$$

Остаточный ресурс будет равен:

$$T_{ост} = T - t_{фак} = 157 - 7 = 150 лет. \quad (8)$$

Проведенный расчет остаточного ресурса с применением различных методов определения физического износа позволил присвоить категорию технического состояния на основе интервальной шкалы, а не конкретного значения величины износа. Это обстоятельство снижает точность определения относительной надежности и, следовательно, остаточного ресурса объектов деревянного домостроения.

Как показано на конкретном примере расчета по результатам обследования существующие методы определения физического износа имеют обобщенный характер, что не позволяет учесть особенности той или иной рассчитываемой конструкции. Поэтому необходимо проведение научных исследований с целью корректировки и уточнения, а также разработки новых уравнений, которые позволили бы рассчитывать физический износ строительных конструкций с учетом их конструктивных особенностей, условий эксплуатации и т.д.

Также необходимо отметить, что требуется проведение научных исследований для установления взаимосвязи между величиной физического износа и относительной надежностью. Установление такой зависимости в виде уравнения позволит лучше определять значение гамма-процентного ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. Хайруллин В.А., Салов А.С., Яковлева Л.А., Валишина В.В. Учет величины физического износа объекта технической эксплуатации при оценке действительной стоимости здания // Интернет-журнал «Науковедение» Том 7. № 5 (30) 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://naukovedenie.ru/PDF/219TVN515.pdf (доступ свободный).
3. Мищенко В.Я., Головинский П.А., Драпалюк Д.А. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2009. № 4 (16). С. 111-117.
4. Алексеева Е.Л., Хлёсткин А.Ю. Изучение закономерностей физического износа несущих конструкций зданий энергитической и химической отраслей. Наука и безопасность. 2014. № 4 (13). С. 43-47.
5. Васильев А.А. Анализ существующей оценки физического износа конструкций зданий и сооружений. В сборнике: OPEN INNOVATION сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2019. С. 36-38.
6. Тарарушкин Е.В. Применение нечеткой логики для оценки физического износа несущих конструкций зданий. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 77-82.
7. Гордеева О.Г. Расчетно-экспериментальные методы экспресс-оценки физического износа и остаточного ресурса зданий и сооружений // Специальность по ВАК: 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)», 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Новогорск, 2002.
8. Копцева Е.П., Лазарев А.Н. Краткая характеристика существующих методов оценки физического износа судов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, № 1(23), 2014. – С. 49-54.
9. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М., 1988. URL: http:// www.files.stroyinf.ru (дата обращения 20.11.2021).
10. Цуканов В.Н. Модифицированный метод срока жизни для расчета физического износа при массовой оценке // Вопросы оценки. 2013. № 3 (73). С. 42-43.
11. Белых А.В. Методика определения величины физического износа нежилых зданий для целей массовой оценки. Журнал правовых и экономических исследований. 2013. № 2. С. 78-86.
12. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений: методические рекомендации / А. В. Цапулина, Г. Н. Кохало, С. А. Зенин, А. М. Петров; ФАУ ФЦС. – М: Минстрой, 2018. – 50 с.
13. Ибрагимов А.М., Семенов А.С. Зависимость между физическим износом и техническим состоянием элементов зданий жилищного фонда // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 53.

УДК 69.058.4

ОШИБКА ПРИ АНАЛИЗЕ ДЕФОРМАЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Кузнецов Александр Васильевич, к.т.н.
e-mail: tropos2016@yandex.ru
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, каф. Геотехники, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены некоторые ошибки при анализе результатов наблюдений за осадками зданий.

Ключевые слова: осадка; неравномерность деформаций.

ERROR IN THE ANALYSIS OF DEFORMATIONS OF FOUNDATIONS OF BUILDINGS

Kuznetsov Alexander Vasilievich, candidate of engineering sciences
e-mail: tropos2016@yandex.ru
St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering, kaf. Geotechnics

ABSTRACT

Some errors in the analysis of the results of observations of deformations of buildings.

Keywords: settlement; uneven deformations.

Ошибок при анализе деформаций фундаментов зданий и сооружений много. Некоторые из них допускаются специально, некоторые - из формального подхода к мониторингу. Остановимся на одной из них.

Мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния чего-то. Следовательно, мониторинг состоит из наблюдения, оценки результатов наблюдения и прогноза дальнейшего развития процесса.

В гражданском строительстве под мониторингом обычно подразумевают только наблюдение за поведением сооружения, при этом часто отметая как оценку, так и прогноз.

Для оперативного управления ходом работ по нулевому циклу, а также выявления развития неблагоприятных тенденций в период возведения сооружения

и в начальный период его эксплуатации требуются регулярные инструментальные наблюдения, называемые в настоящее время *геотехническим мониторингом.* Эти требования прописаны во многих нормативных документах, и соблюдение их контролируют государственные органы.

Для контроля часто устанавливаются предельные параметры деформаций. Обычно предельные параметры для мониторинга назначают по формальному признаку, определяя их по таблицам нормативных документов [1–2] и др. Однако, этот чисто формальный подход показывает невежество исполнителя. Таблицы в нормах даются только для проектировщика и для ограничения именно расчетных параметров. Тем более, что в таблицах [1] даются не все предельные значения параметров. И если напряжения в арматуре или бетоне и уровень шума ещё можно сравнивать с параметрами соответствующих нормативных документов, то в нормах точно нельзя найти ни предельных параметров усилий в распорках, ни уровня грунтовых вод, ни предельного радиуса кривизны ограждения котлована. Всё это есть только в проекте.

Более детально остановимся на вопросе, почему нельзя бездумно пользоваться таблицами предельных параметров из [1] при мониторинге вновь возводимых сооружений.

Например, в столбце 4 таблицы Г.1 [1] приводятся значения средней осадки. Средняя осадка – это среднеарифметическое значение осадок не менее чем трёх отдельных фундаментов. Если фундамент выполнен в виде единой монолитной плиты под зданием или его частью, то средняя осадка считается уже от площади:

$$\overline{s_u} = \frac{\sum (s_i A_i)}{\sum A_i}.$$

На практике же геодезические наблюдения за осадками выполняются по конкретным точкам, закрепленным на здании. Т.е. от места расположения точки зависит, какой будет получен результат. Месторасположение точки выбирается не только от желания получить информацию, но и от возможности снятия показаний. А это не всегда возможно по объективным причинам: невозможность выполнения съемки внутри здания из-за ведущихся там строительных работ, невозможность работы геодезистов внутри и пр. Поэтому практически все-

гда геодезический мониторинг не может напрямую контролировать ни максимальные, ни средние деформации.

Однако, если контроль осуществляется по расчётным деформациям в контролируемых точках, то по этим данным уже возможно оценивать и прогнозировать поведение здания.

В качестве примера неправильного мониторинга (точнее геодезических наблюдений за осадками) можно привести следующий случай. Возводилось небольшое здание на фундаментной плите (рис. 1). Осадки здания контролировались по периметру. Это объяснялось невозможностью работы геодезистов внутри и тем, что задание более-менее жёсткое, хотя расчёт МКЭ показывал возможную неравномерность осадок плиты в пределах допустимых по [1]. Данные геодезических съемок оказались удовлетворительными, они не превышали 8 мм и сравнивались с табличными данными из [1], а точнее с максимальной осадкой в 20 мм. Но неожиданно по возведенным стенам возникли трещины, которые указывали на значительную неравномерность осадок между центром и краями здания, что в последующем привело Заказчика к дополнительным затратам. Если бы данные геодезических наблюдений сравнивались не с таблицей из [1], а с данными расчёта, где осадка краёв не превышала 4 мм, то заранее можно было бы спрогнозировать нерасчетные деформации и избежать затрат.

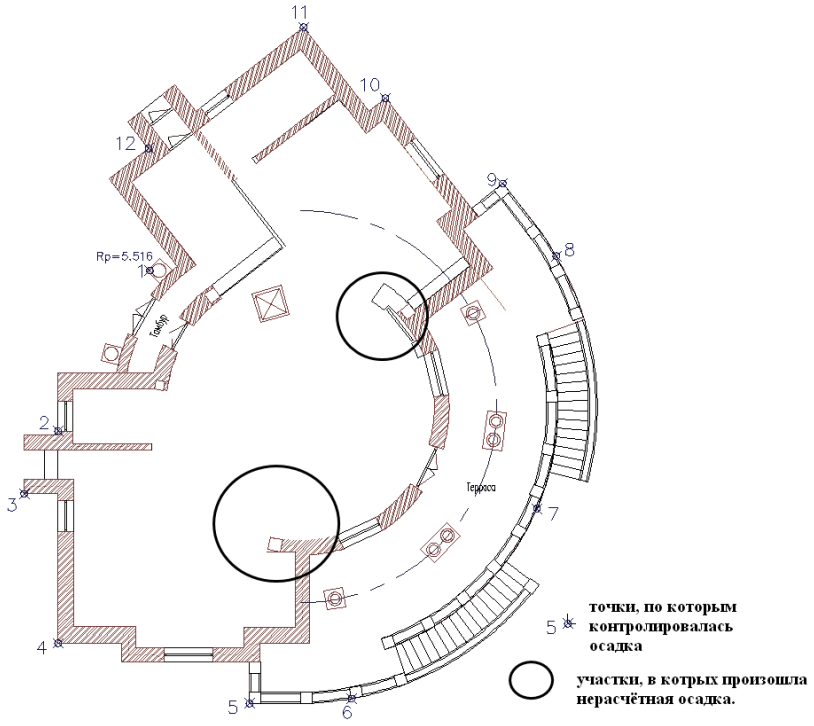


Рисунок 1 – Пример неудачного расположения осадочных марок. Отсутствие контроля за отмеченными участками привело к неправильным выводам в контроле деформаций здания

В этом отношении неудачного сравнения контролируемых параметров мониторинга с таблицами нормативных документов характерен и другой пример. Многоэтажное здание в период возведения получило деформации в пределах всех требований [1]. Однако по конструкциям дома пошли трещины, свидетельствующие о недостаточной жесткости строения. Результаты анализа данных мониторинга и проектной документации позволили установить причину трещин. При расчете здания в одной из современных интегрированных систем, проектировщик соблюдал все требования нормативных документов по ограничению неравномерности деформаций, и ему удалось не выйти за пределы неравномерности осадок 0,001 при предельных 0,0024. Было зафиксировано в качестве вывода, что результаты не выходят за пределы требований таблицы [1]. На это расчетное значение в неравномерности деформаций и было подобрано армирование в узлах сопряжений конструкций, благо во многие расчетные системы интегрированы соответствующие подпрограммы по подбору армирования. В процессе строительства геодезисты измерили неравномерность 0,0018. Это позволило в выводах по результатам мониторинга написать: деформации не превышают предельно допустимые, согласно [1], что успокоило подрядчиков и заказчика. Если бы при мониторинге ориентировались на результаты расчета, а не нормативные таблицы, то еще на этапе возведения здания можно было избежать повреждений.

Еще более грубые ошибки возникают при сравнении данных наблюдений за деформациями с таблицами норм, когда выполняют анализ (пишут т.н. выводы) деформаций окружающей застройки в период ведения земляных работ и строительства новых зданий вблизи существующих. Часто в таких случаях весь мониторинг ограничивается геодезическими наблюдениями и поставленными для вида маяками на трещины. Нанятые специально для этого геодезисты, проводя еженедельные или ежемесячные нивелировки, в отчетах отмечают не превышение требований таблиц [1] или [2], что принимается Застройщиком и контролирующими службами. Однако, измерив максимальную осадку, например, в 15 мм и написав, что деформации в пределах нормативных значений, регламентированных 20 мм, они тем самым могут приближать предаварийную ситуацию. Это связано с тем, что большинство геотехнических расчетов выполняются в программных комплексах (например, в Plaxis) с моделированием всей ситуации на участке. Т.е. при подборе ограждения котлована, усилия в нем взаи-

мосвязаны с деформациями окружающей застройки. Определив в этом расчетном комплексе, например, момент в шпунтовом ограждении, равный 800кН·м, и подобрав соответствующее сечение шпунта, проектировщик параллельно оценивает зону влияния в 15 метров и максимальные осадки соседних строений в 8 мм (рис. 2). Все параметры посчитаны и подобраны, осадки не выходят за границы нормативных значений. Но если осадка при мониторинге этих зданий уже достигла 15 мм (о чем было сказано ранее), значит и остальные расчеты в проекте в корне не верны. Значит и усилия в ограждении могут превышать расчетные. В дальнейшем это подтвердило расхождение швов между шпунтовыми сваями на площадке и другие признаки нерасчетных деформаций ограждения, описание которых не является целью данной статьи.

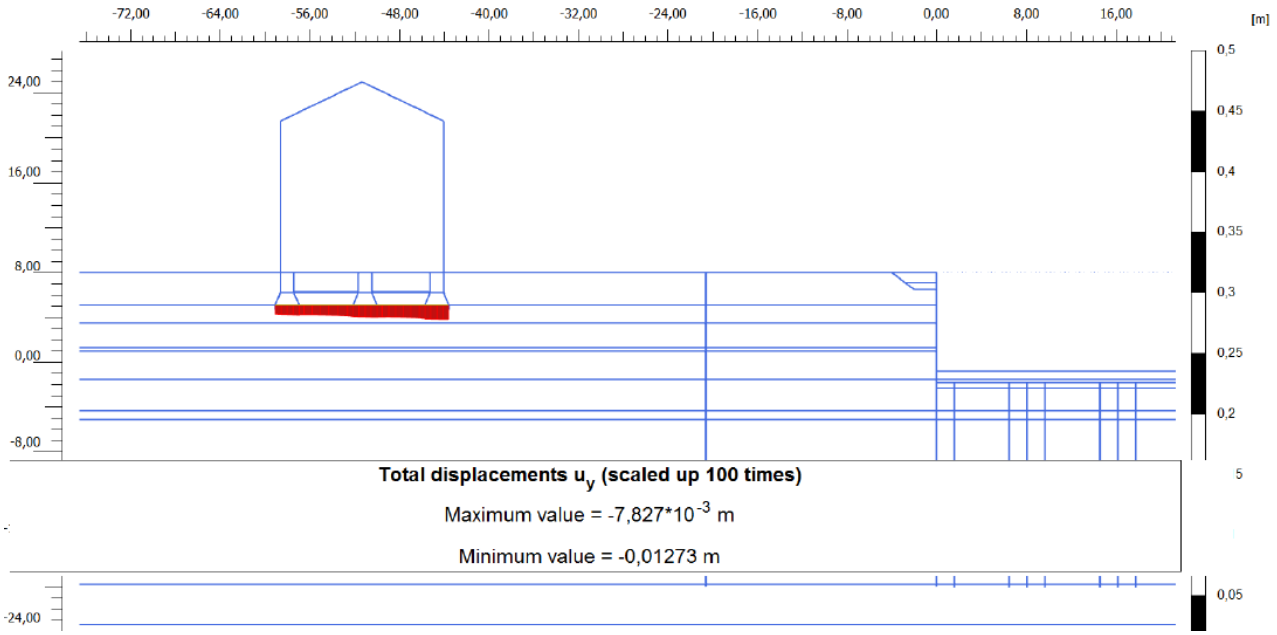


Рисунок 2 – Одна из обычных картинок приводимых в отчётах ГТО. Именно на эти цифры необходимо ориентироваться при анализе деформаций в рамках мониторинга, а не на цифры указываемые в нормах [1, 2]

Исходя из выше описанного, можно сделать вывод, что мониторинг чаще всего должен ориентироваться не на контрольные цифры нормативов [1–2], а на результаты расчета. Это ведет к тому, что данные расчетов должны предоставляться Заказчиком для составления программы мониторинга, что не всегда в настоящее время соблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
2. ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург. Территориальные строительные нормы. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге.

УДК 69.059.4

BIM-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Кузнецова Анна Андреевна [1], студент
e-mail: kuzanya17@gmail.com
Пичугина Анна Алексеевна [2], студент
e-mail: anna.pichugina97@mail.ru
[1, 2] ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является изучение возможности повышения эффективности обследования зданий и сооружений с помощью BIM-технологий и лазерного сканирования с последующим созданием информационной модели объекта, используемой на всех этапах его жизненного цикла.

Рассмотрены некоторые примеры проведенных проверок зданий и сооружений. Представлены практические рекомендации по использованию BIM-технологий при обследовании зданий, сооружений и инженерных систем. Результаты апробации данной методики проведения обследования зданий и сооружений подтвердили ее эффективность и высокую точность. BIM-модели зданий, сооружений и инженерных систем, полученные в ходе обследования, могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла объекта. Это особенно актуально на этапе технического обслуживания и реконструкции.

Ключевые слова: обследование зданий; BIM-технологии; лазерное сканирование; жизненный цикл зданий и сооружений.

BIM TECHNOLOGIES IN THE INSPECTION OF BUILDINGS AND STRUC-TURES

Kuznetsova Anna Andreevna [1], student
e-mail: kuzanya17@gmail.com
Pichugina Anna Alekseevna [2], student
e-mail: anna.pichugina97@mail.ru
[1, 2] Ufa State Petroleum Technical University, Ufa

ABSTRACT

The purpose of the research is to study the possibility of increasing the efficiency of inspection of buildings and structures using BIM technologies and laser scanning, followed by the creation of an information model of an object used at all stages of its life cycle.

Some examples of inspections of buildings and structures are considered. Practical recommendations on the use of BIM technologies in the inspection of buildings, structures and engineering systems are presented. The results of approbation of this methodology for inspecting buildings and structures have confirmed its effectiveness and high accuracy. BIM models of buildings, structures and engineering systems obtained during the survey can be used at all stages of the object's life cycle. This is especially true at the stage of maintenance and reconstruction.

Keywords: inspection of buildings; BIM technologies; laser scanning; life cycle of buildings and structures.

Введение

Информационные технологии давно стали важной частью жизни и профессиональной деятельности человека. Их применение позволяет решать широкий спектр сложных технических задач, в том числе связанных с организацией строительного производства на всех этапах жизненного цикла объекта. Такие технологии включают Большие данные, CAD/CAM системы, BMS (Системы управления зданиями), ERP (Планирование ресурсов предприятия) и, конечно, BIM (Информационное моделирование зданий) [1].

BIM-технологии стали тенденцией последних лет. Согласно распоряжению Главы государства, Правительство Российской Федерации должно обеспечить переход к системе управления жизненным циклом объектов посредством внедрения BIM-технологий с целью модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства [2]. Но BIM также сталкивается с некоторыми препятствиями при внедрении в строительном сообществе, и, как любой продукт, он имеет свои преимущества и недостатки [3-4]. Тем не менее, некоторые положительные моменты в отношении BIM также наблюдаются.

Создание и применение BIM-модели существующих зданий дает возможность контроля и управления системами объекта, что, в свою очередь, позволяет обеспечить необходимые параметры безопасности и стандартные эксплуата-

ционные показатели здания, а также снизить экономический ущерб, возникающий в результате внезапных аварий.

Процесс обследования технически сложных объектов (тоннелей, мостовых сооружений), объектов культурного наследия, инженерных систем и их комплексов очень сложен и длителен по времени. Применение стандартных методов обследования зданий и сооружений в таких случаях требует больших экономических и кадровых затрат. Кроме того, обследование часто проводится на обслуживаемых объектах, деятельность которых невозможно остановить, таким образом, работа происходит в условиях, характеризующихся высоким риском для жизни и здоровья специалистов.

Методы и процесс исследования

В ходе исследования были применены такие общенаучные методы, как анализ, сравнение, наблюдение, обобщение. Более 10 объектов предоставили практический материал для исследования, которое было проведено в сжатые сроки.

Порядок работ предполагал применение таких методов, как лазерное сканирование наряду со съемкой с беспилотного летающего аппарата с целью получения облака точек и дальнейших 3D-моделей обследованных зданий и сооружений [5-6].

Лазерное сканирование – это современный метод съемки, позволяющий быстро получать наиболее полную и достоверную пространственно-геометрическую информацию о предметах исследуемой местности. В результате формируется «облако точек» отражений высокой плотности от любых объектов в коридоре съемки. Во время работы «облако точек» окрашивается в цвета фотографии, что облегчает визуализацию объекта.

Высокоточные трехмерные модели местности, рельефа, техногенные предметы, полученные в результате, составляют основу геоинформационных систем.

Преимущества метода лазерного сканирования заключаются в следующем:

1. Довольно низкая стоимость. Стоимость полевых и камеральных работ ниже, чем при использовании классических технологий, примерно в 3-5 раз.

2. Скорость проведения работ. Совокупная скорость съемки и обработки данных, полученных с помощью лазерного сканирования, в несколько раз выше, чем в случае обычной геодезии и аэрофотосъемки.

3. Детализация и информативность данных.

4. Точность. Точность лазерного сканирования сопоставима с точностью наземной геодезии и значительно превышает точность классической аэрофотосъемки.

5. Уникальность метода.

6. Гибкость. Надежное получение истинного рельефа даже под густой растительностью и возможность проведения съемки рельефа любой сложности.

7. Универсальность.

8. Автоматизация обработки.

В ходе исследования использовались принципы системного и объектно-ориентированного анализа, вероятностные и экспертные методы.

Для оценки точности результатов лазерного сканирования использовались методы математического моделирования процессов измерений и статистического анализа.

Работы выполнялись в следующей последовательности:

Полевые работы:

1. Измерительные работы (выборочно).

2. Лазерное сканирование с использованием сканирующей системы LeicaC10 (все объекты).

3. Съемка с использованием дрона DJIPhantom (все объекты).

4. Проходка скважин, отбор проб грунта.

5. Определение прочности материалов конструкций неразрушающими методами.

Камеральные работы:

1. Сшивание облака точек с помощью AutodeskReCap.

2. Разработка информационной модели предмета с помощью AutodeskRevit.

3. Составление листов и карт выявленных дефектов.

4. Поверочные расчеты несущих конструкций.

5. Обработка результатов полевых работ и составление технического отчета.

Результаты

Несмотря на то, что BIM-технологии уже приняты многими участниками строительной отрасли, большинство зданий и сооружений, находящихся на ремонте, не имеют BIM-модели.

В рамках этой работы мы изучили возможность повышения эффективности обследования зданий и сооружений за счет использования BIM-технологий, лазерного сканирования и фотограмметрии, создания и дальнейшего использования информационной модели на всех последующих этапах жизненного цикла объектов (проектирование, реконструкция, эксплуатация, демонтаж).

На практике часто приходится сталкиваться с ситуацией полного или частичного отсутствия проектной и исполнительной документации, что значительно увеличивает сроки проверки. В таких случаях применение лазерного сканирования и BIM-технологий является наиболее успешным решением для создания точной и корректной информационной модели обследуемого объекта.

Объектами, где использование BIM-технологий лазерного сканирования в ходе проверки будет наиболее актуально, являются:

- промышленные территории с большим количеством разнообразных объектов (в зависимости от конструктивных и объемно-планировочных решений и функционального назначения);

- объекты культурного наследия, объекты со сложными архитектурными деталями, требущими их восстановления;

- проектирование инженерных систем и сетей, как в гражданских зданиях, так и на производственных объектах (нефтеперерабатывающих заводов, химических производств и т.д.);

- комплексная застройка территории (многофункциональные жилые комплексы, административные и офисные комплексы).

Один из примеров успешного решения и получения BIM-модели представлен на рисунках 1–4, где изображены различные этапы проведения работ по обследованию комплекса объектов, расположенных на участке площадью 1,23 га с существующим зданием, преимущественно состоящим из офисов и офисных зданий, а также зданий вспомогательного назначения (складских помещений).

Съемка с использованием дрона DJIPhantom (для всех объектов) дала результаты, представленные на рис. 1–2.

Рисунок 1 - Фотографии объекта, подлежащего осмотру дроном DJIPhantom в ракурсе 1-2

Рисунок 2 - Фотографии объекта, подлежащего осмотру дроном DJIPhantom в ракурсе 3-4

Затем во время камеральных работ (сшивание облака точек с помощью Autodesk ReCap) был проведен краткий обзор (рис. 3-4).

Рисунок 3 - Облако точек обследованного объекта в Autodesk ReCap ракурс 1

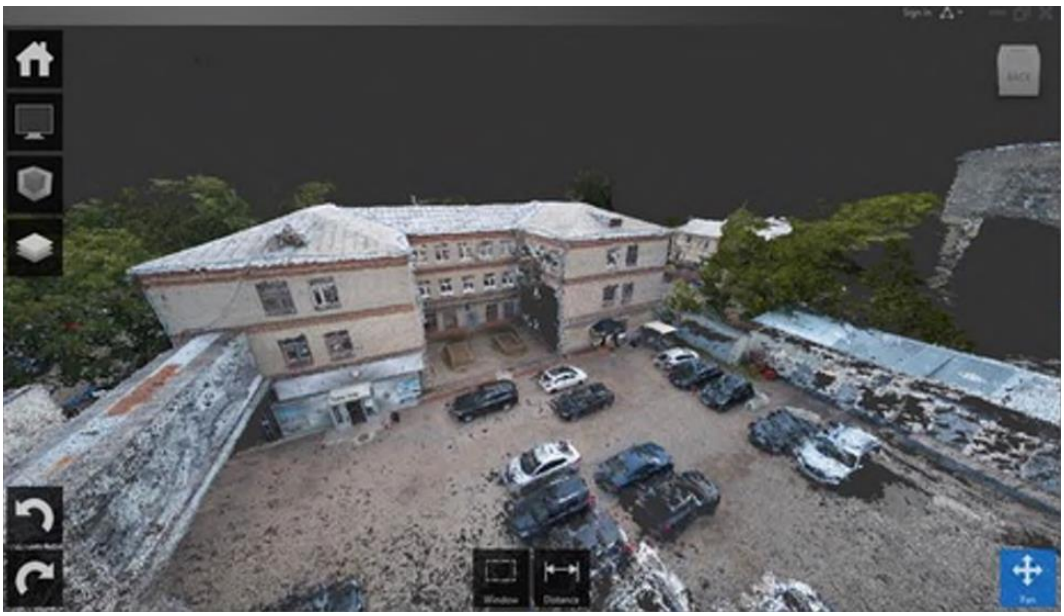


Рисунок 4 - Облако точек обследованного объекта в Autodesk ReCap ракурс 2

Использование двух способов получения облака точек (лазерное сканирование и фотограмметрия) позволяет сделать вывод, что итоговая BIM-модель является достаточно точной и корректной (рис. 5) согласно расстрелам, полученным обоими способами. В то же время применение фотограмметрии, в том числе дрона DJIPhantom и Fugro, является вариантом, который экономически более доступен. Он представлен на рис. 5, а разработанная BIM-модель представлена на примере объекта культурного наследия Центрального павильона ВДНХ, город Москва.

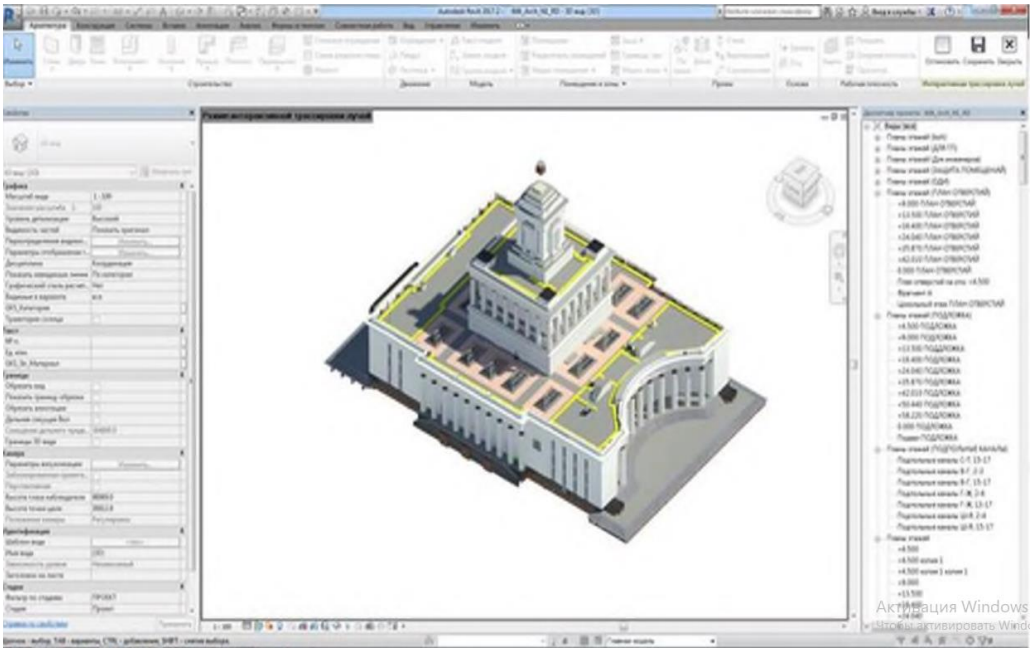


Рисунок 5 - BIM-модель Центрального павильона ВДНХ, г. Москва

Предлагаемая методика обследования зданий и сооружений успешно апробирована на многих объектах города Москвы и Московской области с целью определения технического состояния зданий и сооружений и оценки влияния нового строительства (реконструкции) на окружающую застройку [7-8]. В результате выполненных работ получены точные BIM-модели, разработан набор 2D-чертежей, ведомости объемов работ, ремонтные ведомости.

Результаты апробации данной методики проведения обследования зданий и сооружений подтвердили ее эффективность и высокую точность. BIM-модели зданий, сооружений и инженерных систем, полученные в ходе обследования, могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла объекта. Это особенно актуально на этапе технического обслуживания и реконструкции.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что использование BIM-технологий наряду с лазерным сканированием и фотограмметрией имеет значительные преимущества по сравнению со стандартными методами обследования зданий и сооружений, в частности, повышается точность измерительных работ, снижается их трудоемкость, появляется возможность использования BIM-модели на дальнейших этапах жизненного цикла объекта. Это, в свою очередь, дает положительный экономический эффект на этапе эксплуатации и при последующих осмотрах объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Аллен, Будущее BIM-это не BIM, и оно наступает быстрее, чем Вы думаете (2016).
2. Кривоногов А., Захарова Г., Плотников С. Внедрение BIM-технологий в образовательную программу архитектурного университета. [Электронный ресурс]. URL: https:/doi.org/10.1051/mateconf/20181460101 (дата обращения 12.11.2021).
3. Галиева А.Б., Алехин В.Н., Антипин А.А., Городилов С.Н. Поиск дефектов при обследовании гражданских и промышленных зданий и сооружений на основе технологии лазерного сканирования и подхода информационного моделирования (BIM). [Электронный ресурс]. URL: https:/doi.org/10.1051/mateconf/20181460107 (дата обращения 14.11.2021).
4. Баденко В., Зотов Д., Федотов А. Гибридная обработка данных лазерного сканирования. [Электронный ресурс]. URL: https:/doi.org/10.1051/e3sconf/2018301047 (дата обращения 15.11.2021).
5. Кучинскас С. Три главных тренда, показывающие рост технологий зеленого строительства (2018).

6. Зарко-Техада П.Ж., Диас-Варела Р., Ангилери В., Лоуджани П. Количественная оценка высоты деревьев с использованием изображений с высоким разрешением, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и автоматические методы трехмерной фотореконструкции, European Journal of Agronomy, 55, стр. 89-99 (2014) [Электронный ресурс]. URL: https:/doi: 10.1016/j.eja.2014.01.004
7. Мадер Д., Бласков Р., Вестфельд П., Маас Х.-Г. Получение 3D-точки с помощью БПЛА облако - Сравнение недорогого лазерного сканера и SFM-инструментов. Международный Архив фотограмметрии, дистанционного зондирования и пространственной информации - Архивы ISPRS, 40 (3W3), стр. 335-341 (2015).
8. Моттаева А., Васильева Е., Веб-конференция MATEC, 239,04019(2018).

УДК 693.2

ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ПОСТРОЙКИ 60-Х ГОДОВ XX ВЕКА

Малахов Александр Валерьевич [1], инженер
e-mail: 4ega@inbox.ru
Косинов Виктор Васильевич [2], инженер
e-mail: t.e.k.i.l.a.87@mail.ru
Марфин Кирилл Васильевич [3], к.т.н., доцент кафедры СКиМ
e-mail: marfinkirill@yandex.ru
[1, 2] ОАО «Промводпроект»
[3] Орловский Государственный Университет имени И.С. Тургенева, г. Орел

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности обследования зданий из блочных материалов, постройки 60-х годов XX века. Проанализированы характерные аспекты каждого этапа строительного дела, включая проектный, монтажный и эксплуатационный, влияющие на уровень технического состояния исследуемых объектов. Представлены основные типы дефектов и причины их возникновения. Отмечены меры по реализации проектов, направленных на повышение срока безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: обследование; каменная кладка; дефекты; реконструкция.

RESEARCH EXPERIENCE OF STONE BUILDINGS CONSTRUCTION OF THE 60S OF THE XX CENTURY

Malakhov Alexander Valeryevich [1], engineer
e-mail: 4ega@inbox.ru
Kosinov Victor Vasilevich [2], engineer
e-mail: t.e.k.i.l.a.87@mail.ru
Marfin Kirill Vasilevich [3], PhD (Eng), Associate Professor of the Department «BC&M»
e-mail: marfinkirill@yandex.ru
[1, 2] JSC «Promvodproekt», Orel
[3] Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

ABSTRACT

The features of the survey of buildings made of block materials, construction by the 60s of the XX century are considered. Analyzed the characteristic aspects of each stage of the construction business, including design, installation and operational, affecting the level of the technical condition of the objects under study. The main types of defects and their causes are presented. Measures for the implementation of projects aimed at increasing the safe operation of buildings and structures are noted.

Keywords: inspection; masonry; defects; reconstruction.

В 60-х годах XX века блочные элементы использовались для выполнения несущих и ограждающих конструкций в большом количестве зданий и сооружений капитального строительства. Массовое строительство объектов различного функционального назначения велось высокими темпами, поэтому была необходимость в доступном и качественном материале в большом количестве. Были развернуты многочисленные предприятия по производству блочных материалов различных габаритов и из различного сырья [1].

Однако, при большом объеме и высокой скорости возведения объектов, допускались ошибки на разных стадиях: как в проектной деятельности, так и на этапе возведения объектов, и эксплуатации. Ниже рассмотрены характерные особенности и дефекты каменных зданий постройки 60-х годов XX века, выявленные в ходе обследований. Срок эксплуатации зданий, на момент проведения экспертиз, составлял 55-60 лет (рис. 1).

а

б

в

Рисунок 1 - Промышленное здание(а), общественное здание (б), жилое здание (в)

1. *Проектная документация*. К 60-м годам XX века нормативная база строительства была хорошо развита. Еще в 1929 году выпущены «Временные Правила и Нормы проектирования и возведения зданий и сооружений»[1]. В 1930 выходят актуализированные «Правила и Нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений»[2]. В 1954 выпущены первые «Строительные Нормы и Правила»[3], также с последующей актуализацией. Помимо этого, существовал Центральный институт типовых проектов, который концентрировал, систематизировал, изучал и обрабатывал весь опыт строительного проектирования, а также снабжал проектирующие организации чертежами и другими материалами, освещающими имеющиеся наиболее рациональные решения данного объекта проектирования [2].

В то же время привязка проекта на местах не всегда осуществлялась в соответствии с указанными выше нормами, что существенно влияло на качество

[1] Временные Правила и Нормы проектирования и возведения зданий и сооружений. - М.: Изд-во «Плановое хозяйство» Госплана СССР, 1929. - 41 с.
[2] Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений. - М.: Государственное техническое изд-во, 1930. - 87 с.
[3] Строительные нормы и правила (в 4-х частях). - М.: Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954.

возводимого объекта. Это касалось и разработки новых конструктивных решений.

Стоит отметить, что до настоящего времени проектная документация либо не сохранилась, либо представлена отдельными листами. Эксплуатационная документация, в основном, выполнена в виде технических паспортов, большинство из которых составлены в 2000-е годы. Объясняется данный факт следующими причинами:

- передача объекта от собственника к собственнику. Приватизация объектов капитального строительства в постперестроечный период и их последующая перепродажа зачастую проходили без передачи соответствующей проектной документации. Вне зависимости от причины это приводило к необходимости ее восстановления, что выполнялось в редких случаях, поскольку является дорогостоящей и технически сложной задачей;

- эксплуатация объекта, не соответствующая нормативам. Нехватка качественно подготовленного инженерно-технического персонала, особенно в отдаленных населенных пунктах, приводила к ошибкам эксплуатации: отсутствие проведения своевременных осмотров и составления актов технического состояния, как следствие, необнаружение критических дефектов на ранних этапах; отсутствие проведения плановых текущих и капитальных ремонтов.

Таким образом, в условиях отсутствия полного комплекта проектной и эксплуатационной документации, существуют следующие сложности в работе с рассматриваемыми объектами:

- сложность установления точной конструктивной схемы, узлов опирания и примыкания, свойств материалов. Это связано с проведением многочисленных ремонтов, выполнением отделочных работ, что не дает возможности в условиях эксплуатации объекта проводить вскрытие и испытания методом разрушающего контроля;

- установление динамики развития дефектов. При обнаружении критических дефектов в ходе проведения обследования нет ясности в вопросах динамики их развития, поскольку нет данных о времени их появления и качественных характеристик раннего периода [3].

2. *Качество блочных элементов и раствора*. Как было отмечено выше, строительство объектов велось массово, была необходимость в запуске производств по изготовлению блоков. Подобные предприятия строились в различных

регионах страны, опираясь на местную сырьевую базу. Качество сырья значительно отличалось от завода к заводу и оказывало сильное влияние на прочность и долговечность конечной продукции.

При проведении неразрушающего контроля определено, что марка кирпича различных объектов не превышает М 100, марка раствора М75. Необходимо отметить, что зачастую вместо цементно-песчаных использовались известковые растворы. Характерными дефектами материалов кладки являются:

- растрескивание блоков;
- лещадка на наружной и внутренней верстах кладки;
- разрушение блоков из силикатов после продолжительного увлажнения;
- разрушение и выветривание раствора на глубину до 5 см;
- высолы на поверхности раствора.

Дефекты материалов представлены на рис. 2.

а

б

в

Рисунок 2 - Дефекты материалов: растрескивание блоков (а); лещадка наружной версты (б); вымыв раствора (в)

3. *Качество строительно-монтажных работ*. Основными дефектами строительно-монтажных работ, выявленными при обследовании [4, 5], являются:

- нарушение правил кладки (отклонение кладки от вертикальной, горизонтальной осей и прямолинейности углов; отсутствие перевязки рядов; неравномерная толщина горизонтальных и вертикальных швов);

- нарушение технологии кладки (условия набор прочности);

- дефекты скрытых работ (некачественный монтаж утеплителя, арматуры, участков опирания несущих элементов).

Указанные дефекты приводят к возникновению эксцентриситетов; концентраторов напряжения; типу НДС, нехарактерному для конструкций из блоков [6, 7]; промерзанию конструкции стен.

Дефекты СМР представлены на рис. 3.

а **б**

Рисунок 3 - Дефекты строительно-монтажных работ: нарушение правил кладки (а), промерзание стен (б)

Причины низкого качества выполнения работ по возведению зданий и сооружений лежат в плоскости, связанной с невысоким уровнем квалификации рабочей силы.

Отдельно стоит отметить, что для отдельных объектов того времени не выполнялось полного цикла инженерных изысканий для сокращений издержек. В таком случае конструктивные решения принимались аналогичными для региона строительства. Однако, такой подход мог привести к серьезным дефектам здания в процессе эксплуатации из-за неверно выбранного типа фундамента или определенного уровня грунтовых вод, что сказывалось на ресурсе несущей способности объекта и его долговечности [8].

4. *Эксплуатация объектов капитального строительства*. Как было отмечено выше, эксплуатация объектов зачастую выполнялась вне соответствия нормам. Отмечены следующие ошибки при эксплуатации объектов:

- отсутствие эксплуатационной документации;
- отсутствие систематических осмотров;
- невыполнение плановых ремонтов;
- нарушение технологии на опасных производственных объектах (химическая, сельскохозяйственная отрасль, производство строительных конструкций и т.д.).

Таким образом, своевременно не осуществлялась оценка технического состояния и не выполнялись мероприятия по устранению дефектов [9, 10]. В свою очередь это приводило к их накоплению и увеличению качественных и количественных характеристик, что приводило к снижению несущей способности элементов или аварийным ситуациям (рис. 4).

а **б**

Рисунок 4 - Дефекты, возникшие в ходе эксплуатации: трещина в несущей конструкции (а), зазор между стеной и перекрытием (б)

Отдельно стоит отметить тот факт, что современные нормы по обеспечению температурно-влажностного режима ужесточены по отношению к нормам времени возведения объектов [11, 12]. Следовательно, конструкции стен зданий 60-х годов XX века не удовлетворяют требованиям архитектурно-строительной физики, что приводит к их промерзанию, появлению плесени и разрушению, а также оказывает влияние на другие конструктивные элементы - перекрытия, покрытие, лестницы. При этом мероприятия по повышению уровня теплозащиты зданий не проводились.

В заключение необходимо отметить, что, согласно данным обследований, ресурс зданий 60-х годов XX века исчерпан на 60-70%. Это является следствием совокупности описанных в статье факторов.

В настоящее время проводится программа капитальных ремонтов объектов различного назначения, базой которых является обследование технического состояния [13]. Проведения высококачественной экспертизы, с учетом всех факторов жизненного цикла конкретного объекта капитального строительства, включая как определение его конструктивных характеристик и расчета на актуальные нагрузки, так и анализ дефектов, причин их возникновения, позволит составить план мероприятий по ремонту, реконструкции или демонтажу здания с учетом всех технологических рисков и экономических издержек [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко А.И. Гимн строителю. Орел: Изд-во Вешние воды, 2013. 208 с.
2. Зворыкин Д.Н. Развитие проектного дела в СССР. М.: Стройиздат, 1985. 256 с.
3. Малахов А.В., Косинов В.В., Юров А.П. Мониторинг динамики развития дефектов при обследовании зданий и сооружений // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения. Материалы VIII научно-практической конференции. СПб.: Изд-во политехнического университета, 2017. С. 136-140.
4. Римшин В.И., Козачек В.Г., Нечаев Н.В., Нотенко С.Н., Ройтман А.Г. Обследование и испытание зданий и сооружений. М.: Высшая школа, 2004. 447 с.
5. Ищенко И.И. Каменные работы. М.: Высшая школа, 1987. 242 с.
6. Орлович Р.Б., Деркач В.Н. Применение классических теорий прочности для расчета каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния // Строительство и реконструкция. 2011. №1(33). С. 35-40.
7. Деркач В.Н. Деформационные характеристики каменной кладки в условиях плоского напряженного состояния // Строительство и реконструкция. 2012. №2(40). С. 3-10.
8. Варламова Т.В., Гамаюнов В.П., Денисова К.У., Голик К.С. Исследование деформативности зданий на просадочных грунтах // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 1(6). С. 14-19.
9. Никитин А.С., Кобзарев В.Ф., Романенко М.В., Рысев В.П., Самодуров В.Н., Сауц В.Н., Татаренко В.Н. Техническая эксплуатация и технология ремонта зданий и сооружений. СПб.: ВИТУ, 2003. 251 с.
10. Улыбин А.В., Ватин Н.В. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 10(25). С. 134-146.
11. Куладжи Т.В., Серова Е.Т. Рекомендации по повышению энергоэффективности и экологичности жилых домов // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов международной научной конференции. М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 765-769.
12. Орлова Н.С., Улыбин А.В., Федотов С.Д. Влияние температурных воздействий на кирпичную облицовку стен // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пу-

ти их решения. Материалы IX научно-практической конференции. СПб.: Изд-во политехнического университета, 2018. С. 160-184.
13. Дементьева М.Е. Планирование капитального ремонта жилищного фонда // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов международной научной конференции. М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 809-813.
14. Травин В.И. Капитальный ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 213 с.

УДК 69.059

ЭКСПЕРТИЗА ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ПРОТЕЧЕК МЯГКОЙ КРОВЛИ ИЗ ПОЛИМОЧЕВИНЫ

Нугужинов Жмагул Смагулович [1] д.т.н., профессор
e-mail: kazmirr@mail.ru
Кропачев Петр Александрович [2], к.т.н., доцент
e-mail: p.kropachev@mail.ru
Токанов Данияр Токанович [3], к.т.н., доцент
e-mail: tokanov-daniyar@mail.ru
Таженова Гульзада Даулетхановна [4], к.т.н., доцент
e-mail: gulzada_2604@mail.ru
Рахимов Асхат Муратович [5], PhD
e-mail: batosh90@mail.ru
Алпысбаева Сабина Ерболовна [6], инженер
e-mail: starveka@bk.ru
[1-6] «Карагандинский технический университет», г. Караганда

АННОТАЦИЯ

С целью выявления причин аварийных протечек в кровле зданий Республиканского научного центра нейрохирургии в городе Нур-Султан выполнено комплексное исследование поврежденных конструкций. При капитальном ремонте мягкой кровли указанных зданий было применено новое гидроизоляционное покрытие из полимочевины. В процессе комплексного исследования мягкой кровли из полимочевины осуществлены подготовительное, общее и детальное инструментальное обследование, теплотехнический расчет конструкции. В рамках действующих в Республике Казахстан норм выполнены инспекция и испытания конструкции на месте. В результате комплексного исследования мягкой кровли из полимочевины выявлены характерные дефекты и повреждения элементов конструкции, причины их возникновения и развития. На основе анализа характера и причин возникновения дефектов и повреждений дана оценка фактического технического состояния мягкой кровли из полимочевины. Предложены оптимальное решение и рекомендации по восстановлению эксплуатационной пригодности конструкции. Даны рекомендации по ее капиталь-

ному ремонту согласно плану производства работ «Система Masterseal M811», разработанному фирмой BASF.

Ключевые слова: мягкая кровля; полимочевина; комплексное исследование; дефекты; повреждения.

EXPERTISE OF THE CAUSES OF EMERGENCY LEAKS OF A SOFT POLYUREA ROOF

Nuguzhinov Zhmagul Smagulovich [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
e-mail: kazmirr@mail.ru
Kropachev Petr Alexandrovich [2], Candidate of technical sciences, associate professor
e-mail: p.kropachev@mail.ru
Tokanov Daniyar Tokanovich [3], Candidate of technical sciences, associate professor
e-mail: tokanov-daniyar@mail.ru
Tazhenova Gulzada Dauletkhanovna [4], Candidate of technical sciences, associate professor
e-mail: gulzada_2604@mail.ru
Rakhimov Askhat Muratovich [5], PhD
e-mail: batosh90@mail.ru
Alpysbaeva Sabina Erbolovna [6], engineer
e-mail:starveka@bk.ru
[1-6] Karaganda Technical University, Karaganda

ABSTRACT

A comprehensive study of the damaged structures in order to investigate causes of emergency leaks of soft roofs was carried out in the buildings of the Republican Scientific Center of Neurosurgery in Nur-Sultan. While major overhaul of soft roofs of the specified buildings there were covered with new polyurea waterproofing coating. During the comprehensive study of soft polyurea roof, preliminary, general and detailed instrument-aided survey, thermotechnical calculation of a structure were carried out. Within the frames of regulations current in the Republic of Kazakhstan, on-site inspection and tests of the structure were carried out. As a result of a comprehensive study of a soft polyurea roof, characteristic defects and damage to structural el-

ements, the reasons for their occurrence and development were revealed. Based on the analysis of the nature and causes of defects and damage, an assessment of the actual technical state of the soft polyurea roof is given. An optimal solution and recommendations for restoring of the structure's operational serviceability are proposed. Recommendations are given for its overhaul according to the work performance plan "Masterseal M811 System" developed by BASF.

Keywords: soft roof; polyurea; comprehensive study; defects; damage.

Введение

В комплексе зданий Республиканского научного центра нейрохирургии в городе Нур-Султан (далее – Объекта) после проведения капитального ремонта мягкой кровли с устройством нового, более надежного гидроизоляционного покрытия на основе полимочевины появились проблемы в виде многочисленных дефектов и повреждений. Указанное покрытие, выполненное в виде высокопрочной эластичной пленки, которая образуется напылением высокореактивной двухкомпонентной системы на поверхность, несмотря на достаточную толщину, гибкость и монолитность, все же привело к аварийным протечкам в первый же сезон атмосферных осадок.

В связи с этим проведено комплексное исследование проблемных участков мягкой кровли на Объекте, основной целью которого были выявление причин аварийных протечек, оценка технического состояния конструкции и выбор оптимального решения по восстановлению ее эксплуатационной пригодности с разработкой соответствующих рекомендаций. Комплексное исследование проведено аккредитованной организацией – научно-исследовательским, экспертным и проектно-изыскательским Казахстанским многопрофильным институтом реконструкции и развития при Карагандинском техническом университете, в рамках соответствующего договора с владельцем Объекта.

Комплексное исследование

Комплексное исследование эксплуатационной пригодности мягкой кровли на Объекте состояло из следующих этапов:

- подготовительное обследование;
- общее и детальное инструментальное обследование;
- теплотехнический расчет конструкции;

- исследование и анализ характера дефектов и повреждений, причин их возникновения;

- выбор стратегии и разработка соответствующих рекомендаций по восстановлению эксплуатационной пригодности.

Подготовительное обследование включило работы по сбору и анализу исходных данных по Объекту, в том числе – изучению архивных материалов, нормативно-технических документов, по которым велись проектирование, устройство и эксплуатация мягкой кровли.

Общее и детальное инструментальное обследование мягкой кровли на Объекте включило:

- идентификацию и анализ фактически исполненных конструктивных решений;

- тотальную инспекцию на месте с фотофиксацией выявленных на момент проведения работ дефектов и повреждений в конструкции и сопряжениях кровли;

- вскрытие и испытания на месте выборочных участков конструкции для проведения детального инструментального обследования, включая идентификацию состава, измерения толщины слоев и влажности утеплителя;

- геодезические измерения по определению фактической величины уклонов кровли.

Теплотехнический расчет мягкой кровли осуществлен с учетом фактических данных, полученных при ее подготовительном, общем и детальном инструментальном обследовании.

Выбор стратегии и разработка соответствующих рекомендаций по восстановлению эксплуатационной пригодности мягкой кровли на Объекте выполнены на основе анализа совокупных результатов комплексного исследования. В первую очередь – характера и объемов дефектов и повреждений, причин их возникновения, а также опыта мировых и отечественных исследований данной проблемы, в том числе собственной практики авторов исследования [1-4].

Подготовительное обследование проведено согласно требованиям действующих норм [5]. Анализ результатов подготовительного обследования показал, что фактически установленный состав мягкой кровли на Объекте соответствует рабочему проекту [6] и включает:

- гидроизоляционный ковер из полимочевины «Elastocoat»;

- цементно-песчаную стяжку переменной толщиной t = 50-200 мм;
- гидроизоляционную мембрану;
- утеплитель «Simprolit» D160 толщиной t = 160-200 мм;
- пароизоляцию – полиэтиленовую пленку.

Основанием мягкой кровли служит предусмотренная рабочим проектом монолитная железобетонная плита толщиной t = 200 мм.

Необходимо отметить, что согласно действующему в Казахстане технологическому регламенту [7], основанием для полимочевины должен служить бетон с прочностью на сжатие не менее 20 МПа и когезионной прочностью (на отрыв) – не менее 1,5 МПа. Между тем в процессе комплексного исследования мягкой кровли на Объекте установлено, что согласно рабочему проекту основанием для полимочевины предусмотрена и фактически исполнена цементно-песчаная стяжка.

Общим визуальным и детальным инструментальным обследованием конструкций мягкой кровли на Объекте согласно действующим нормам [5] были выявлены многочисленные характерные дефекты и повреждения, такие как:

1. Скопление инородных предметов под полимерным покрытием, образование поверхностных и сквозных кратеров, свидетельствующие о некачественной подготовке основания, что не соответствует требованиям п.5.2 [7].

2. Застой воды в связи с отсутствием требуемого уклона к водоприемным воронкам (см. рис. 1).

Рисунок 1 – Характерный дефект в виде застоя воды по причине отсутствия соответствующего уклона к водоприемным воронкам

Кроме того, по результатам геодезической съемки кровли установлены уклоны, не соответствующие нормативным требованиям [8], а именно:

- блоки 2, 3 – $\angle_{факт}$ = 0,02…1,45% < $\angle_{мин}$ =1,5…25%;

- блок 9 – $\angle_{факт}$ = 0,02…1,49%< $\angle_{мин}$ =1,5…25%;
- блок 13 – $\angle_{факт}$ = 1,36…1,41% < $\angle_{мин}$ =1,5…25%;
- блок 14 – $\angle_{факт}$ = 0,03…1,46% < $\angle_{мин}$ =1,5…25%.

3. Отслоение гидроизоляционного ковра, образование в его слоях отдельных вздутий, наполненных воздухом или водой; неровная поверхность цементно-песчаной стяжки (см. рис. 2).

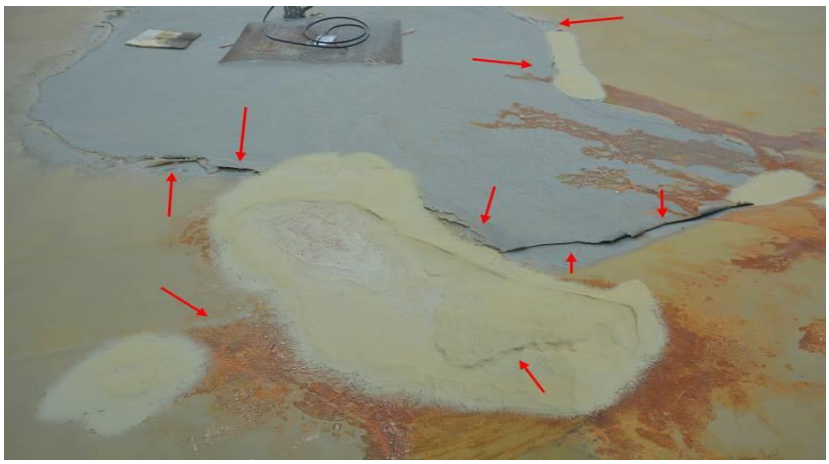


Рисунок 2 – Характерные дефекты в виде образования в слоях гидроизоляционного ковра отдельных вздутий, наполненных воздухом или водой

4. Участок перехода нового слоя гидроизоляционного ковра поверх существующего участка выполнен не по регламенту – отсутствует клинообразность области перекрытия шириной 30 см, которая необходима во избежание чрезмерного нарастания покрытия (см. рис. 3).

Рисунок 3 – Характерный дефект кровли: участок перехода нового слоя поверх существующего участка выполнен не по регламенту – отсутствует клинообразность области перекрытия

5. Изменение цвета полимочевинного покрытия с серого на светло-зеленый (см. рис. 2, 3). Данный дефект связан с нарушением технологии нанесения полимочевины: не обеспечено правильное соотношение компонентов.

Для полиольного компонента рекомендуется использование специальных перемешивающих устройств, которые обеспечивают равномерность распределения пигмента в системе и, как следствие – правильное соотношение компонентов.

6. Многочисленные участки с повреждением целостности верхнего слоя кровельного ковра из полимочевины «Elstocoat» с образованием трещин.

В процессе комплексного исследования мягкой кровли на Объекте было произведено вскрытие выборочных участков (см. рис. 4).

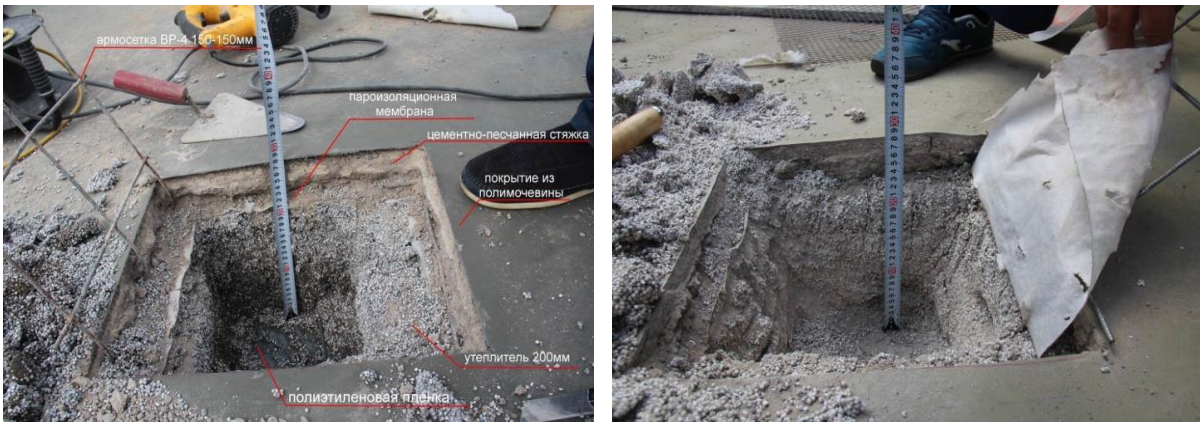


Рисунок 4 – Общий вид контрольных вскрытий мягкой кровли на выборочных участках

Исследования и испытания контрольных вскрытий на месте выявили следующие значительные дефекты, повреждения и отклонения от проекта:

- недопустимые сквозные и поверхностные кратеры с образованием отверстий на гидроизоляционном ковре из полимочевины, в результате чего происходит протекание влаги атмосферных осадков через тело полимочевины (см. рис. 5);
- на лицевой части покрытия из полимочевины наблюдаются участки с многочисленными вздутиями;
- покрытие из полимочевины отслаивается от основания без приложения какого-либо усилия, отсутствует адгезия полимочевины;
- сетка арматурная ВР-4 с ячейками 150-150 мм находится на дне цементно-песчаной стяжки;
- между бетонным основанием и изоляцией из полиэтилена отсутствует мастика;
- фактическая влажность утеплителя составляет W = 95,6-99,9%;
- основанием для полимочевины служит цементно-песчаная стяжка, что не соответствует требованиям действующих норм [7].

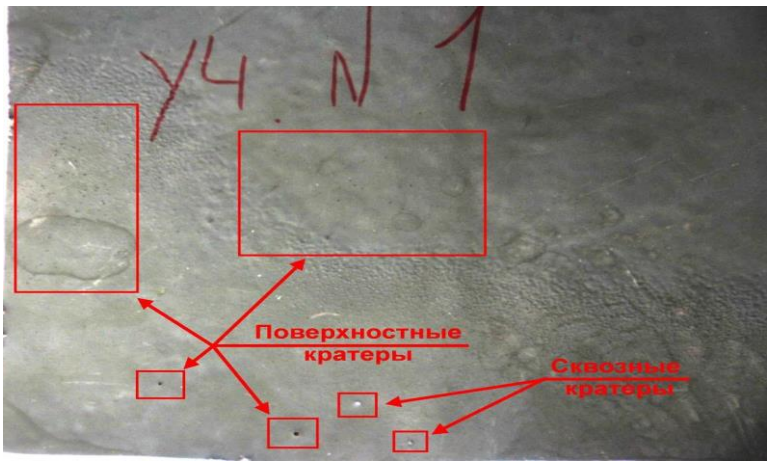


Рисунок 5 – Сквозные и поверхностные кратеры на гидроизоляционном ковре из полимочевины, в результате чего происходит затекание атмосферных осадков

По результатам теплотехнического расчета мягкой кровли на Объекте установлено, что точка росы приходится на границе утеплителя и в слое бетонной стяжки, то есть на этих участках происходит образование конденсата. Результаты теплотехнического расчета представлены на рис. 6.

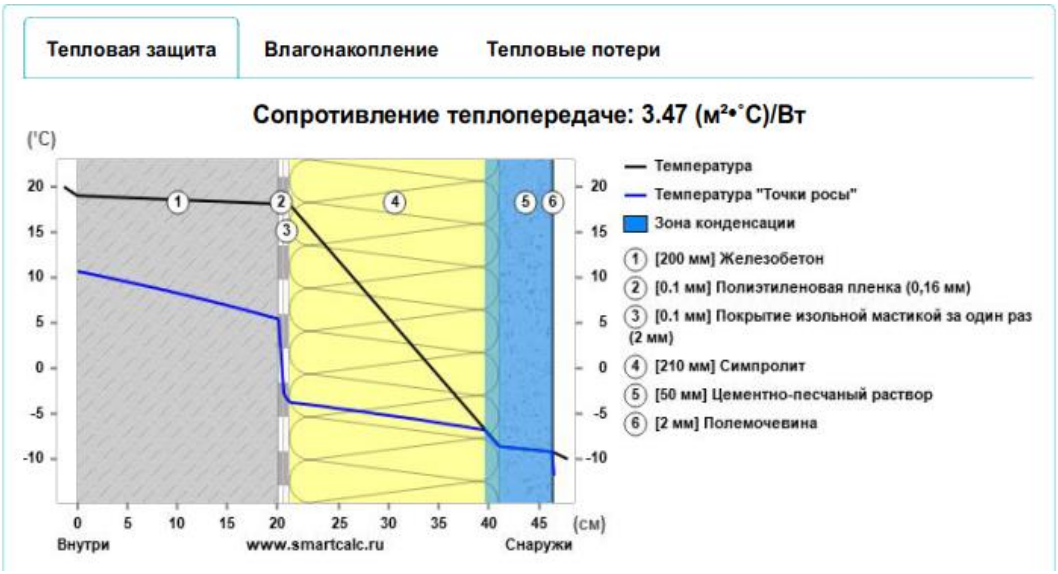


Рисунок 6 – Результаты теплотехнического расчета мягкой кровли на Объекте

В связи с вышеизложенным, потребовалось выполнение вентиляции гидроизоляционного покрытия на основе полимочевины с помощью кровельных аэраторов, что не было отражено в рабочем проекте и, как следствие, не было исполнено.

Выводы

Исходя из анализа совокупных результатов проведенного комплексного исследования фактическое техническое состояние мягкой кровли на Объекте, выполненной с гидроизоляционным покрытием на основе полимочевины, оценено как аварийное.

Установлено, что основными причинами возникновения и дальнейшего развития дефектов и повреждений указанной конструкции явились следующие нарушения нормативных требований по ее устройству [7]:

1. Основанием гидроизоляционного покрытия служит цементно-песчаная стяжка вместо требуемого нормами бетонного основания с прочностью на сжатие не менее 20 МПа и когезионной прочностью не менее 1,5 МПа.

2. При подготовке основания и устройстве гидроизоляционного покрытия в нарушение требований норм:

- поверхность основания не была очищена, зашлифована и продута сжатым воздухом, перед нанесением покрытия из полимочевины была недостаточно просушена;

- допущены скопление влаги в результате образования конденсата и аварийных протечек через сквозные кратеры на гидроизоляционном ковре в порах основания, миграция паров влаги при напылении органических компонентов;

- не осуществлялся контроль температурного режима напыляемого состава;

- не было обеспечено правильное соотношение компонентов при нанесении полимочевины;

- уклоны кровли на отдельных участках выполнены недостаточными ($\angle_{факт}$ = 0,02... 1,49% < $\angle_{мин}$ =1,5…25%);

- отсутствие кровельных аэраторов при том, что на границе утеплителя и в слое бетонной стяжки происходит образование конденсата.

На основе результатов комплексного исследования для восстановления эксплуатационной пригодности мягкой кровли на Объекте даны рекомендации по капитальному ремонту конструкции согласно плану производства работ по применению гидроизоляционной системы Masterseal M811, разработанной фирмой BASF. Перед нанесением гидроизоляционной системы Masterseal M811 необходимо выполнить проверку качества бетонного основания для гидроизоляции на соответствие требованиям действующих норм [7] по прочности на сжатие и на отрыв. На участках при меньших показателях прочности требуется замена основания путем разборки и последующего восстановления бетонного основания. Капитальным ремонтом рекомендуется предусмотреть вентиляцию мягкой кровли на Объекте путем установки аэраторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001. 101 с.
2. Инструкция по инструментальному контролю при приемке в эксплуатацию законченных строительством и капитально отремонтированных жилых зданий. М.: Стройиздат, 1987. 119 с.
3. Нугужинов Ж.С., Фендт Б.Э., Нэмен В.Н. Обследование и реконструкция зданий и сооружений. Алматы: Гылым,1998. 315 с.
4. Техническое заключение по экспертному обследованию, оценке технического состояния и разработке рекомендаций по дальнейшей эксплуатации строительных конструкций зданий блоков 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 объекта «Республиканский научный центр нейрохирургии» в г. Астана. Караганда: КарГТУ, 2014. 78 с.
5. СП РК 1.04-101-2012 «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений». Астана: «KAZGOR», 2015. 80 с.
6. Рабочий проект на капитальный ремонт здания АО «Республиканский научный центр нейрохирургии» в г. Астана. Караганда: КарГТУ, 2014. 57 с.
7. ТКСН РК 8.07-06-2017 Технологическая карта на устройство напыляемой гидроизоляции покрытий полимочевиной. - Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию РК, 2017. 41 с.
8. СП РК 3.02-137-2013 Крыши и кровли. Астана: «KAZGOR», 2015. 51 с.

УДК 620.16

ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ КАСАТЕЛЬНО МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

Нугужинов Жмагул Смагулович [1], доктор технических наук, профессор, директор института КазМИРР,
e-mail: kazmirr@mail.ru
Альменов Кусаин Сейтбаевич [2], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник института КазМИРР
e-mail: kusainalmenov@mail.ru
Иманов Алибек Маратович [3], инженер КазМИРР, магистрант
e-mail: obama.alish@gmail.com
[1-3] Научно-исследовательский, экспертный и проектно-изыскательский «Казахстанский многопрофильный институт Реконструкции и Развития» (КазМИРР), НАО «Карагандинский технический университет», г. Караганда

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос корректировки норм проектирования к изменившимся условиям производства строительных работ. В частности, непосредственно рассматривается внесение в нормы проектирования соединения на высокопрочных болтах изменённого списка рекомендуемых способов очистки соединяемых поверхностей. Предлагается оставить и внести только три рекомендуемые способа очистки: один - для условий завода-изготовителя, другой - для условий строительной площадки и третий - при проведении ремонтных работ эксплуатируемых зданий и сооружений.

Сокращение способов очистки до трёх не исключает использование и других способов очистки, но, учитывая их относительную технологическую сложность, требует разработки дополнительного раздела в проекте производства работ, в котором непосредственно были бы рассмотрены вопросы очистки (обработки) соединяемых поверхностей конкретного здания и сооружения.

Аналогично представлены предложения относительно регулирования натяжения высокопрочных болтов по моменту закручивания и по углу поворота.

Ключевые слова: обследование; способы очистки; высокопрочные болты; регулирование затяжки; газопламенная очистка; угол поворота.

MAKING AMENDMENTS TO THE REGULATORY DOCUMENTS REGARDING HIGH-STRENGTH BOLTS MOUNTING

Nuguzhinov Zhmagul Smagulovich [1], Doctor of Engineering, Professor of the Building Materials and Technologies Department, Karaganda Technical University, Director of the KazMIRR Institute
e-mail: kazmirr@mail.ru
Almenov Kussain Seytbayevich [2], Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the KazMIRR Institute
e-mail: kusainalmenov@mail.ru
Imanov Alibek Maratovich [3], KazMIRR engineer, Master's student
e-mail: obama.alish@gmail.com
[1-3] Research, Expert and Design and Survey «Kazakhstan Multidisciplinary Institute of Reconstruction and Development» (KazMIRR NLC Karaganda State Technical University), Karaganda, Kazakhstan

ABSTRACT

The article deals with the issue of adjusting the design standards to the changed conditions for the production of construction work. In particular, the introduction of a modified list of recommended methods of cleaning the surfaces to be joined into the design standards for high-strength bolt connections is directly considered. It is proposed to leave and to introduce only three recommended cleaning methods, the first one - for the conditions of the manufacturer, the other - for the conditions of the construction site, and the third one - for the repair work of the buildings and structures in use.

Reducing the number of cleaning methods to three does not exclude the use of other cleaning methods, but given their relative technological complexity, they require the development of an additional section in the work production project, which would directly address the cleaning (treating) of the connected surfaces of a particular building and structure.

Similarly, proposals are presented regarding the regulation of the high-strength bolts tension in terms of the torque and the angle of rotation.

Keywords: inspection; cleaning methods; high-strength bolts; tightening control; flame cleaning; rotation angle.

Систематические многолетние обследования зданий и сооружений в РК, проводимые институтом КазМИРР, указывают на широкое применение высокопрочных болтов в монтажных соединениях стальных несущих конструкций. Это касается как крупных объёмных уникальных зданий, например, спортивные залы Базы олимпийской подготовки в Алмате или Центра олимпийской подготовки в Нурсултане, так относительно небольших зданий, например, Производственная база в Нурсултане.

Вот, например, производственная база в Нурсултане имеет размеры в плане 144х24 метров, общая масса стальных конструкций всего ≈260 тонн, но для монтажных соединений использовано 1638 высокопрочных болтов М24. Т.е. усреднённо на каждую тонну стальных конструкций затрачивается более шести болтов.

Если во времена бывшего СССР подавляющая масса монтажных соединений, выполняемых на стройплощадке, были сварными, то в настоящее время всё больше и больше монтажные соединения несущих конструкций выполняются болтовыми, на высокопрочных болтах. Применение в стальных конструкциях болтовых соединений на высокопрочных болтах уже носит массовый характер. Естественно, изменились и условия строительного производства. Изменилась организация строительно-монтажных работ, изменились технологии производства СМР, оборудование, инструментарий.

Созданная в советское время система нормативных документов в строительстве позволяет систематически и последовательно совершенствовать их с учетом изменения условий строительства как технологических и организационно-экономических, так и климатических [7,8].

Такому последовательному совершенствованию подвергалась и подвергается методика определения несущей способности соединений на высокопрочных болтах.

Правила и требования о проектировании и расчете соединений на высокопрочных болтах в нормативной документации впервые были изложены в СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции Нормы проектирования» [1]. Ниже приведена сканированная таблица значений коэффициентов трения в зависимости от способов очистки поверхностей и прочности сталей (рис. 1).

Значения коэффициента трения f в формуле (87)

Способ предварительной очистки соединяемых поверхностей	Значения f для соединяемых элементов конструкций из	
	углеродистой стали	низколегированной стали
Пневматическая обработка (песком, металлическим порошком и т. п.) или обжиг	0,45	0,55
Обработка стальными проволочными щетками	0,35	—
Без очистки (при частичной смене заклепок или болтов) . .	0,25	—

Рисунок 1 – Таблица значений коэффициентов трения в зависимости от способов очистки поверхностей и прочности сталей

Несущая способность одного высокопрочного болта при сдвиге определялась по формуле:

$$N_б = Pfm\,, \tag{1}$$

где: P-стягивающее усилие одного высокопрочного болта;

f-коэффициент трения между соприкасаемыми поверхностями;

m-коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9.

Стягивающее усилие высокопрочного болта:

$$P = 0{,}6\sigma_{вр}F_{нт}\,, \tag{2}$$

где: $\sigma_{вр}$-временное сопротивление стали высокопрочного болта;

$F_{нт}$-площадь сечения болта нетто.

Для примера рассмотрим определение расчетного сопротивления сдвигу, которое может оказать один болт М20 классом прочности 10.9 при одной плоскости трения и при обработке соприкасаемых поверхностей стальными проволочными щётками. При подстановке расчетных значений в формулу (1) оно будет равняться:

$$N_б = (0{,}6\text{x}10000\text{x}2{,}45)\text{x}0{,}35\text{x}0{,}9 = 4630{,}5\text{кг}\,.$$

С выходом нового издания СНиП II-В.3-72 в 1974 году [2] году были уточнены способы обработки соприкасаемых поверхностей болтовых соединений, добавлен ещё один способ очистки, а именно химический с помощью растворов

кислот и травильных паст. Также при определении расчетного сопротивления стали высокопрочного болта был уточнено и поднято значение переходного коэффициента с **0,6** до **0,65**, что было связано с повышением качества изготовления высокопрочных болтов.

Несущая способность высокопрочного болта при сдвиге определялась по прежней формуле:

$$N_б = Pfm\ . \qquad (3)$$

Стягивающее усилие одного высокопрочного болта также вычислялось по прежней формуле, но с новым коэффициентом перехода к расчетному сопротивлению стали:

$$P = \mathbf{0,65}\sigma_{вр}F_{нт}\ . \qquad (4)$$

Теперь для болта М20 классом прочности 10.9 расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом при одной плоскости трения и при обработке соприкасаемых поверхностей стальными проволочными щётками будет равняться:

$$N_б = (0{,}65\text{x}10000\text{x}2{,}45)\text{x}0{,}35\text{x}0{,}9 = 5016{,}4\text{кг}\ .$$

Несущая способность болта М20, кл. прочности 10.9 повысилась **≈8%.**

Серьёзные изменения по расчету соединений на высокопрочных болтах были внесены в правила в следующем издание СНиП II-23-81 в 1982 году [3]. Был расширен список способов обработки (очистки) соприкасаемых поверхностей соединений, а именно введены дополнительные очистки с консервацией очищенных поверхностей.

В тоже время был исключен химический способ очистки (подготовки) соединяемых поверхностей несмотря на то, что при нём можно было получить достаточно высокий коэффициент трения. Так как этот способ был весьма трудоёмкий, многооперационный, требовал дополнительного обучения и подготовки исполнителей по выполнению работ, а также особых требований соблюдения правил техники безопасности и охраны труда.

Также в методике расчета, представленной в СНиП II-23-81 [3], были учтены способы регулирования натяжения болтов введением в расчет коэффициента надёжности для соединений на высокопрочных болтах γ_h, которым одновременно учитывалось и разница диаметров между отверстием и телом болта.

Было уточнено определение коэффициента надёжности болтового соединения γ_b в зависимости от количества болтов в соединении.

Несущая способность высокопрочного болта при сдвиге определялась по формуле:

$$R_{bh}\gamma_b A_{bn}\mu/\gamma_h \quad (5)$$

где: R_{bh}-расчетное сопротивление стали высокопрочного болта;

γ_b-коэффициент условий работы соединений;

A_{bn}-площадь сечение высокопрочного болта нетто;

μ-коэффициент трения между соприкасаемыми поверхностями;

γ_h-коэффициент надёжности.

Стягивающее усилие одного высокопрочного болта

$$P = \mathbf{0,7}R_{bun}A_{bn} \quad (6)$$

где: R_{bun}-временное сопротивление стали высокопрочного болта разрыву.

Так для болта М20 классом прочности 10.9 расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом при одной плоскости трения и при обработке соприкасаемых поверхностей стальными проволочными щётками, а также при регулировании натяжения болтов по $\mathbf{M_{кр}}$ будет равняться:

$$N_б = (0{,}7\text{x}10000\text{x}1{,}0\text{x}2{,}45)\text{x}0{,}35/1{,}17 = 5130{,}3 \text{ кг}\ .$$

Несущая способность болта М20, кл. прочности 10.9 при расчете по методике СНиП II-23-81 по сравнению с рассчитанной по СНиП II-В.3-62 повысилась на **≈11%.**

Если же регулирование натяжения болтов производилось по углу поворота **α,** то несущая способность болта М20 будет равняться:

$$N_б = (0{,}7\text{x}10000\text{x}1{,}0\text{x}2{,}45)\text{x}0{,}35/1{,}06 = 5662{,}7 \text{ кг}\ ,$$

Т.е. несущая способность высокопрочного болта М20, кл. прочности 10.9 в случае регулирования натяжения по углу поворота α повышается на **≈10%.**

Далее уже в новых изданиях СНиП II-23-81* «Стальные конструкции Нормы проектирования» (М. 1990) [4], а затем вплоть до последнего издания СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81 Стальные конструкции» (М. 2017) [5] результаты новых исследований методики расчета высокопрочных болтов не

публиковались и не внедрялись. Методика расчета за сорок лет с 1981 по 2021 годы практически не изменилась.

Изменения коснулись лишь способов подготовки соприкасаемых поверхностей элементов соединения на высокопрочных болтах. В частности, при подготовке соприкасаемых поверхностей были исключены способы с консервацией обработанных, очищенных поверхностей металлизацией алюминием и цинком, а также покрытием полимерными клеями с посыпкой карборундовым порошком.

Следует отметить, что проектировщиков весьма привлекает использовать в монтажных стыках на высокопрочных болтах газопламенный способ обработки (очистки) соприкасаемых поверхностей, при котором существенно увеличивается коэффициент трения с 0,35 до 0,42, т.е. на ≈20% по сравнению с очисткой стальными проволочными щетками.

Если же для регулирования натяжения болтов применить способ по углу поворота, то несущая способность болта повышается ещё на ≈15%.

Итого суммарно несущая способность болта может быть повышена на ≈35% благодаря использованию огневого способа очистки и регулированию натяжения болта по углу поворота.

В случае газопламенной очистки и регулирования по углу поворота можно получить наибольшую несущую способность высокопрочных болтов в стыках, устраиваемых в условиях строительной площадки. Данные преимущества авторы проектов КМ весьма широко используют в своих работах.

Однако результаты многочисленных обследований сопряжений с использованием высокопрочных болтов на реальных объектах показывают, что исполнение газопламенной очистки соприкасаемых поверхностей соединений представляет довольно серьёзную проблему для подрядных организаций, которые непосредственно заняты устройством монтажных стыков.

Устройство соединения на высокопрочных болтах требует высокой профессиональной культуры непосредственных исполнителей, как на заводе-изготовителе стальных конструкций, так и на монтажной, строительной площадке, т.е. изготовителей и монтажников стальных конструкций.

К сожалению, не нашлось ни одного объекта, на котором, согласно проектному решению, монтажные стыки с газопламенной очисткой и с регулированием натяжения болтов по углу поворота были бы качественно выполнены в

соответствии с действующими нормативными требованиями. Такое положение объясняется следующим:

Во-первых, рабочие, занимающиеся ***газопламенной очисткой***, должны иметь особо высокую квалификацию, так как эта операция с высокотемпературным нагревом стали что связано с опасностью разупрочнения металла при перегреве. Дело в том, что для качественной обработки соединяемых поверхностей требуется с довольно высокой скоростью нагреть сталь до температуры ≈300°С, температура факела многопламенной ацетиленовой горелки ≈3000°С, а разупрочнение стали может произойти при ≈500°С и более.

Во-вторых, ацетилен взрывоопасен, обращение с ацетиленовыми баллонами требует повышенной осторожности и соблюдении более жестких правил техники безопасности как при производстве, так и транспортировке и хранении. В частности, ёмкости с ацетиленом необходимо ограждать от прямых солнечных лучей и источников нагрева. Повышение температуры чревато резким увеличением давления в баллоне.

В-третьих, громоздкое и относительно сложное оборудование и оснастка – баллоны с ацетиленом, баллоны с кислородом, горелки, редуктора, шланги и прочее. Следует отметить, что не рекомендуется расходовать больше 1500-2000 литров газа в час, это вызовет чрезмерное сокращение ацетона в баллоне, что недопустимо. Поэтому при повышенном расходе ацетилена, а при газопламенной очистке требуется именно интенсивное горение, необходимо баллоны с ацетиленом собирать в громоздкие батареи. Все это ограничивает, а порой делает невозможным устройство монтажных стыков в стеснённых условиях строительной площадки и особенно на высоте.

Данные организационно-производственные вопросы по качественному выполнению работ при устройстве монтажных стыков на высокопрочных болтах в подавляющем большинстве случаев являются не преодолимыми. Это объясняется не только изменившимися условиями строительной площадки, не только тем, что монтаж несущих стальных конструкций зачастую выполняется фирмами-организациями, не специализирующимся на данном виде работ, а случайными исполнителями, но и также мировой, массовой тенденцией снижения уровня образования и профессиональной подготовки непосредственных исполнителей.

В связи с этим подрядчики фактически не реализуют, не выполняют проектные решения по устройству монтажных стыков на высокопрочных болтах с газопламенной очисткой (табл. 1).

Таблица 1- Способ обработки (очистки) соединяемых поверхностей

Способ обработки (очистки) соединяемых поверхностей	Коэффициент трения **μ**	Коэффициент γh при контроле натяжения болтов по моменту закручивания при разности номинальных диаметров отверстий и болтов δ мм, при нагрузке	
		Динамической δ=3÷6 Статической δ=5÷6	Динамической δ=3÷6 Статической δ=5÷6
1. Дробемётный или дробеструйный двух поверхностей без консервации	0,58	1,35	1,12
2.Стальными щетками двух поверхностей без консервации	0,35	1,35	1,17
3. Без обработки	0,25	1,70	1,30

Примечания:

1. При контроле натяжения болтов по углу поворота гайки значения γh следует умножать на 0,9 и работы выполнять по специально разработанному проекту производства работ (ППР), именно для монтажных соединений на высокопрочных болтах.

2. Допускается и другие способы обработки соединяемых поверхностей, в частности – Химическая обработка растворами кислот, травильными пастами или Газопламенная очистка двух поверхностей без консервации работы проводить по специально разработанному проекту производства работ (ППР), именно для монтажных соединений на высокопрочных болтах

Поэтому рекомендуется оставить в нормах на проектирование стальных конструкций только три способа обработки (очистки) соединяемых поверхностей, которые с наиболее высокой степенью надёжности могут обеспечить требуемое качество очистки соединяемых поверхностей, а именно:

a) Дробемётный или дробеструйный двух поверхностей без консервации, который можно реализовать в условиях завода-изготовителя МК;
b) Стальными щетками двух поверхностей без консервации, что приемлемо в условиях строительной площадки;
c) Без обработки, который может быть использован при ремонтных работах, где отсутствует возможность обработки (очистки) соединяемых поверхностей.

Большую трудность для подрядных монтажных организаций представляет собой и выполнения регулирования натяжения высокопрочных болтов по углу поворота гайки α.

Здесь Свод правил также должен рекомендовать как наиболее приемлемым способ регулирования натяжения болтов по моменту закручивания **Мкр**.

В связи с вышеизложенным предлагается в Свод правил внести следующие изменения:

1. Исключить из таблицы №42 СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81 Стальные конструкции» (М. 2017) [5] пункт 2, а именно:

- «2. Газопламенный двух поверхностей без консервации».

2. Изменить формулировку в Примечаниях, а именно: - «При контроле натяжения болтов по углу поворота гайки значения γh следует умножать на 0,9 ***и работы выполнять по специально разработанному проекту производства работ (ППР), который предназначен именно для монтажных соединений на высокопрочных болтах».***
3. Добавить в Примечания: - ***«Допускается и другие способы обработки соединяемых поверхностей, в частности – Химическая обработка растворами кислот, травильными пастами или Газопламенная очистка (ацетиленом) двух поверхностей без консервации, работы проводить по специально разработанному проекту производства работ (ППР), именно для монтажных соединений на высокопрочных болтах».***

После внесения изменений таблица 42 будет выглядить следующим образом. Непосредственно в таблице останутся только три рекомендованных способа очистки поверхностей соединяемых элементов, а именно: - дробеструйный, стальными проволочными щетками и без обработки. Также в качестве способа контроля натяжения высокопрочных болтов будет рекомендован только способ контроля натяжения болтов по моменту закручивания **Мкр**.

Примечания же будут более расширены и, согласно им, можно будет закладывать в проекте и другие способы очистки поверхностей соединяемых элементов и другие способы контроля натяжения болтов, но при обязательной разработке ППР.

Если такое изменение будет внесено, то проектировщики будут иметь возможность закладывать в проектные решения и иные более эффективные спосо-

бы очистки соединяемых поверхностей, кроме рекомендованных, но с обязательным предварительным согласованием как с заводами-изготовителями, так и с монтажными организациями

Так, например, проектировщиков весьма привлекает газопламенный метод очистки соприкасаемых поверхностей. Поскольку газопламенная очистка обеспечивает более высокий, точнее, самый высокий коэффициент трения между соединяемыми поверхностями сопряжения при устройстве сопряжений в условиях строительной площадки. И, как следствие, наличие более высокого коэффициента трения, ведёт к более высокой несущей способности одного болта, что далее ведёт к сокращению числа болтов в соединении и уменьшению размеров и массы накладок.

Монтажников-подрядчиков газопламенный способ очистки привлекает более высокой стоимостью работ по сравнению с очисткой стальными проволочными щётками в 3-4 раза, а, следовательно, и возможностью извлечения более высокой прибыли. Подрядчик вне зависимости от своих реальных возможностей на качественное выполнение газопламенной очистки старается не упустить ожидаемую потенциальную прибыль и берётся за выполнение работ. В результате газопламенная очистка соединяемых поверхностей не выполняется или заменяется в лучшем случае на очистку стальными проволочными щетками.

Способ регулирования натяжения высокопрочных болтов по углу поворота также привлекателен для проектировщиков своим более низким значением коэффициента надежности γh, по сравнению с коэффициентом надежности при регулировании натяжения по моменту закручивания **Мкр**. Низкое значение коэффициента надежности γh ведет к повышению несущей способности высокопрочного болта со всеми положительными последствиями.

Однако натяжение болтов с контролем по углу поворота требует высокой культуры производства работ и рекомендовано в соединениях с небольшим числом болтов до десяти.

Обязательное предварительное согласование проектировщиков с подрядными организациями способов очистки и способов регулирования натяжения высокопрочных болтов, а также обязательная разработка проекта производства работ (ППР) на установку высокопрочных болтов подрядной организацией су-

щественно повысит ответственность и проектировщиков, и подрядчиков за качественную реализацию проектного решения в жизнь.

ЛИТЕРАТУРА

1. . СНиП II-В.3-62 Стальные конструкции Нормы проектирования/Госстрой СССР.-М. 1963.-65с.
2. СНиП II-В.3-72 Стальные конструкции Нормы проектирования/Госстрой СССР.-М. 1974.-70с.
3. СНиП II-23-81 Стальные конструкции Нормы проектирования/Госстрой СССР. М. 1981.С. 93.
4. СНиП II-23-81* Стальные конструкции Нормы проектирования/Госстрой СССР.М. ЦИТП Госстрой СССР 1990. С.96
5. СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81 Стальные конструкции» М., 2017.С.140
6. СП-35.13330.2011; «СНиП 2.05.03-84*. МОСТЫ И ТРУБЫ»
7. Келасьев Н. Г., Кодыш Э. Н., Трекин Н. Н., Терехов И. А., Шмаков С. Д., Хаютин Ю. Г. Совершенствование нормативной системы в строительстве на всех этапах жизненного цикла объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 4. С. 10-15.
8. Савенков А. Н. Методические подходы к развитию технического нормирования в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 7. С. 51-57.

УДК 69.059

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ КАНАЛОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Римшин Владимир Иванович [1], профессор, д.т.н.
e-mail: v.rimshin@niisf.ru
Кецко Екатерина Сергеевна [2], аспирант
e-mail: kkuzzina@mail.ru
Трунтов Павел Сергеевич [3], аспирант
e-mail: pavel_truntov@mail.ru
Кузина Ирина Сергеевна [4], студент
e-mail: ms.kuzina01@mail.ru
[1, 3, 4] ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
[2] Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН), г. Москва

АННОТАЦИЯ

Объектом обследования являются строительные конструкции камер очистных сооружений. Цель работы – оценка технического состояния конструкций. В процессе обследования были выполнены следующие виды работ: изучение и анализ проектной и исполнительной документации, чертежей основных конструктивных элементов, визуальный осмотр конструкций с выявлением дефектов и повреждений, фотофиксация конструкций, дефектов и повреждений, анализ проведенных работ и оценка фактического состояния конструкций, инженерно-обмерные работы с построением планов и разрезов, определение размеров дефектов, глубины повреждения конструкций, определение фактических прочностных характеристик материалов строительных конструкций, определение армирования несущих конструкций, толщины защитного слоя неразрушающими методами и на основании вскрытий или зондирований, камеральная обработка материалов, собранных при обследовании, выработка рекомендаций по ремонтно-восстановительным мероприятиям. Весь комплекс проведенных работ позволил выполнить анализ результатов данного обследования и составить предварительный отчет с указанием технического состояния отдельных строительных конструкций.

Ключевые слова: техническое обследование; строительные конструкции; каналы; железобетон; дефекты; коррозия.

TECHNICAL SURVEY OF UNDERGROUND CHANNELS IN TREATMENT FACILITIES

Rimshin Vladimir Ivanovich [1], professor, doctor of technical Sciences
e-mail: v.rimshin@niisf.ru
Ketsko Ekaterina Sergeevna [2], postgraduate student
e-mail: kkuzzina@mail.ru
Truntov Pavel Sergeevich [3], postgraduate student
e-mail: pavel_truntov@mail.ru
Kuzina Irina Sergeevna [4], student
e-mail: ms.kuzina01@mail.ru
[1, 3, 4] Federal state budget educational of higher education «National research Moscow state university of civil engineering» (NRU MGSU), Moscow
[2] Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow

ABSTRACT

The surveying object is the building structures of the chambers in the treatment facilities. The work purpose is assessing the structures technical condition. During the survey the following types of work were performed: design documentation study and analysis, the main structural elements drawings, visual inspection of structures with defects and damage identification, defects and damage photographic recording, analysis of the work performed and assessment of the actual structures state, engineering measurements work with the plans and sections construction, determining the defects size, the damage to structures depth, determining the actual strength characteristics of building structures materials, determining the load-bearing structures reinforcement, the protective layer thickness by non-destructive methods and on the basis of openings or soundings, the recommendations development for repair and restoration measures. The entire complex of the work performed made it possible to analyze the results of this survey and draw up a preliminary report indicating the technical condition of individual building structures.

Keywords: technical survey; building structures; channels; reinforced concrete; defects; corrosion.

Необходимость обследования строительных конструкций обусловлена началом работ по проектированию и дальнейшей реконструкции объекта. Цель обследования – определение технического состояния строительных конструкций доступной части сооружения. В ходе проведения обследования были выполнены следующие виды работ: визуальное обследование несущих конструкций сооружения, выявление дефектов в основных строительных конструкциях, фотофиксация строительных конструкций и дефектов сооружения, определение прочностных характеристик конструкции неразрушающими методами, камеральная обработка результатов и составление предварительного отчета. Обследованию подлежали следующие объекты: подводящие каналы первичных отстойников, открытый сборный канал за песколовками, открытый канал прямоугольного сечения с лотком Паршаля.

Конструктивные особенности, обмерные работы. Строительство обследуемых каналов выполнено в 1960-х - 1970-х годах. На территории очистных сооружений расположено 32 отстойника Ø54,6 м. К каждому отстойнику ведут каналы, которые в соответствии с технологическим процессом работ составляют подводяще-отводящую систему.

Устройство подводяще-отводящих каналов на территории очистных сооружений разбито на типовые блоки, одинаковые для каждых 4 отстойников, как первичных, так и вторичных. Обследуемая подводяще-отводящая система состоит из подземных железобетонных каналов и технологических камер. Каналы выполнены из сборных железобетонных труб сечением от 2000 мм до 3500 мм, технологические камеры выполнены из монолитного железобетона. Подземные подводящие каналы, выходя от распределительных пунктов, проходят через расходомерные пункты.

После расходомерных пунктов подводящие каналы идут к центральной части отстойников, проходя под днищем сооружений. В расходомерных пунктах каналы выполнены из металлических труб и имеют локальное сужение до Ø 800 мм. Отводящие каналы начинаются от камер выпуска отстойников, увеличиваясь в сечении от Ø 2000 мм до Ø 3500 мм по мере слияния технологических потоков воды. Все каналы выполнены из сборных железобетонных труб. В подводящей системе устроены технологические камеры выпуска отстойников и соединительные камеры типа ОП(В).

Доступ в обследуемые каналы возможен из камер, распределительных пунктов и непосредственно из отстойников, при условии полной откачки из них сточных вод. Открытые каналы подводящей и отводящей систем представляют собой заглубленные частично в землю сооружения. Фрагменты общих видов на строительные конструкции сооружений подводяще-отводящей системы очистных сооружений представлены на рис. 1.

Рисунок 1 – Фрагменты подводящих и отводящих каналов

Критерии оценки технического состояния строительных конструкций. Оценка технического состояния строительных конструкций обследуемого объекта выполнялась с учётом указаний СП 13-102-2003. При визуальном обследовании сооружения выявлялись дефекты и повреждения, определялись категории технического состояния. Категория технического состояния - это степень эксплуатационной пригодности строительной конструкции и сооружения в целом, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик конструкций.

Работы, связанные с усилением и ремонтом строительных конструкций, в значительной мере зависят от того, насколько объективно и квалифицированно проведены натурные обследования с точки зрения достоверности имеющихся дефектов. Повреждения в конструкциях разделяются в зависимости от причин их возникновения на две группы: от силовых воздействий и от воздействия внешней среды. Последняя группа повреждений снижает не только прочность конструкции, но и уменьшает ее долговечность. Для железобетонных конструкций основными дефектами является наличие силовых трещин, коррозия стержней рабочей арматуры и разрушение бетона конструкций. При этом оценка надежности конструкций проводилась по максимальному повреждению на длине конструкции [1-5].

В табл. 1 приведены критерии оценки состояния железобетонных конструкций по внешним признакам.

Таблица 1 - Оценка состояния железобетонных конструкций по внешним признакам

Категория состояния конструкции	Признаки силовых воздействий на конструкцию	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию
1	Волосяные трещины (до 0,1 мм)	Имеются отдельные раковины, выбоины.
2	Трещины в растянутой зоне бетона не превышают 0,3 мм	На отдельных участках с малой величиной защитного слоя проступают следы коррозии распределительной арматуры или хомутов. Шелушение ребер конструкций. На поверхности бетона мокрые или масляные пятна
3	Трещины в растянутой зоне бетона до 0,5 мм.	Продольные трещины в бетоне вдоль арматурных стержней от коррозии арматуры. Коррозия арматуры до 10 % площади стержней. Бетон в растянутой зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошится. Снижение прочности бетона до 20%.
4	Ширина раскрытия нормальных трещин в балках не более 1 мм и протяженность трещин более 3/4 высоты балки. Сквозные нормальные трещины в колоннах не более 0,5 мм. Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета.	Отслоение защитного слоя бетона и оголение арматуры. Коррозия арматуры до 15%. Снижение прочности бетона до 30%.
5	Ширина раскрытия нормальных трещин в балках более 1 мм при протяженности трещин более 3/4 их высоты. Косые трещины, пересекающие опорную зону и зону анкеровки растянутой арматуры балок. Сквозные наклонные трещины в сжатых элементах. Хлопающие трещины в конструкциях, испытывающих знакопеременные воздействия. Выпучивание арматуры в сжатой зоне колонн и балок. Разрыв отдельных стержней рабочей арматуры в растянутой зоне, разрыв хомутов в зоне наклонной трещины. Раздробление бетона в сжатой зоне. Прогибы изгибаемых элементов более 1/50 пролета при наличии трещин в растянутой зоне более 0,5 мм.	Оголение всего диаметра арматуры. Коррозия арматуры более 15% сечения. Снижение прочности бетона более 30%.Расстройство стыков.

Результаты визуального обследования

В процессе проведения обследования сооружений производился визуальный осмотр строительных конструкций каналов. При транспортировании и обработке сточных вод сооружения подземной канализации подвергаются различным видам агрессии от внешней среды: химическая коррозия, вызываемая непосредственным действием промышленных сточных вод с низким уровнем pH, сероводородная биохимическая коррозия (газовая коррозия), поражающая надводную часть бетонных конструкций, истирание поверхности конструкций.

Наиболее распространенной и опасной является сероводородная биохимическая коррозия бетона (газовая коррозия), которая вызывает экстенсивное разрушение бетона. Ее сущность заключается в том, что сероводород, выходя в надводную зону коллектора и достигая сырых поверхностей обделки, преобразуется действием бактерий (тиобациловыми микробами) в серную кислоту, что в сочетании со снижением значений pH настенной слизи до 1-3 вызывает экстенсивное разрушение бетона до состояния несвязного эттрингита.

Газовая среда канализационного коллектора в условиях повышенной влажности по степени агрессивного воздействия на конструкцию из железобетона является сильноагрессивной. Газовая коррозия обуславливается, в основном, двумя процессами: карбонизацией бетона и биохимическим окислением сульфидов до серной кислоты. Оба этих процесса приводят к разрушению бетона внутренней поверхности труб и ускоренной коррозии арматуры внутри бетона, что, в свою очередь, приводит к потере прочности железобетонных труб и значительному увеличению их гидравлического сопротивления за счет увеличения шероховатости поверхности. Слабая вентиляция самотечных коллекторов приводит к высокой концентрации углекислого газа и сероводорода в газовой смеси в коллекторах.

Вышеописанные процессы явились основным фактором появления дефектов и разрушений в обделке обследуемых каналов. Обследуемые сооружения можно подразделить на три типа: закрытые (подземные) каналы и камеры, не имеющие выхода на поверхность; заглубленные каналы и камеры с покрытием выше уровня поверхности земли; каналы отрытого типа [6].

Следует также отметить, что обследуемые каналы расположены в зоне грунтов, где возможны тиксотропные явления и суффозионные процессы.

На основании визуального выполненного обследования строительных конструкций доступных сооружений каналов и технологических камер были выявлены и зафиксированы основные дефекты и повреждения, накопившиеся за время эксплуатации.

Подземные каналы: наиболее тяжелые повреждения конструкций приурочены к верхней части обделки – щелыге. В конструкциях произошло повреждение бетона с отколом на глубину до 100 мм (более половины толщины конструкции каналов), а также коррозия арматурных каркасов более 50%; в отдельных конструкциях зафиксирован недостаточный защитный слой бетона с оголением стержней арматуры и коррозией 5 -10%; разрушение слоя торкрет-штукатурки в щелыге каналов; имеются места с нарушением герметизации, приуроченные ко швам, где зафиксированы высолы и следы потеков воды. Это свидетельствует об утечках из сооружений при их эксплуатации; выявлены также активные протечки грунтовых вод; в отдельных железобетонных трубах каналов имеются силовые трещины по контуру конструкции шириной до 15 мм, возможно связанные с просадкой конструкций. Время возникновения трещин определить невозможно [7].

Появление трещин вызвано неравномерными осадками грунтов основания; отмечена коррозия металлических труб в месте расположения расходомерных пунктов до 5 мм вглубь, где подводящие каналы имеют сужение сечения трубопровода до Ø 0,8 м; не выдержан уклон днища в иловых каналах, что может быть вызвано просадкой сооружений; визуально видимых смещений конструкций друг относительно друга не было зафиксировано.

Открытые каналы: силовые трещины в конструкции открытого канала с лотком Паршаля, возникшие вероятно из-за просадки конструкции; разуплотнение грунта с образованием значительных полостей под днищем открытого канала с лотком Паршаля; локальное разрушение бетона открытого канала с лотком Паршаля в месте выполненного бетонного добора стен; образование высолов на наружной поверхности каналов, что говорит об утечках технических вод из них; в слое торкрет-штукатурки каналов отмечено наличие микротрещин размером до 0,1 мм; по швам между сборными конструкциями стен открытых каналов в отдельных местах имеются локальные волосные вертикальные трещины со следами протечек; коррозионные разрушения сборного покрытия открытого сборного канала за песколовками, связанные с газовой коррози-

ей железобетона. Все плиты, балки и перемычки подвержены коррозии, при этом пустотные плиты находятся в неудовлетворительном состоянии.

Повреждение конструкций стен открытого сборного канала за песколовками газовой коррозией отмечается в районе 1 м от уровня покрытия, при этом бетон поврежден на глубину до 35 мм. Стены канала из-за появления трещин вследствие просадки конструкций были усилены стальными тяжами. Вследствие коррозии уменьшено сечение стальных тяжей усиления стен камеры сборного канала за песколовками газовой на 80%; в открытом канале вторичных отстойников в конструкциях из монолитного железобетона наблюдается разрушение защитного слоя с коррозией арматуры до 20%. Балки канала находятся в неудовлетворительном состоянии.

В открытых каналах переходные мостики из железобетонных плит подвержены коррозии и требуют ремонта; во всех открытых каналах наблюдается отслоение защитного слоя торкрет-штукатурки на значительной площади поверхности сооружений – до 40%; подземная часть иловых камер находится в работоспособном состоянии, лестницы для спуска в камеры сильно прокоррдировали и требуют замены.

Результаты поверочных расчетов конструкций. На основании визуального обследования установлено наличие отдельных дефектов и повреждений, характерных для каналов очистных сооружений. В итоге произведенной оценки технического состояния по внешним признакам были выявлены несущие конструкции, находящиеся в работоспособном, ограниченно работоспособном и недопустимом состоянии. Расчеты произведены для строительных конструкций с учетом выявленных дефектов и повреждений с учетом действия постоянных и временных, в том числе колесных нагрузок - на вертикальное и горизонтальное давление грунтов.

Согласно выполненным расчетам несущая способность конструкций трубопроводов, находящихся в ограниченно работоспособном и недопустимом состоянии (с учетом коррозионных повреждений), не обеспечена, конструкции требуют замены либо усиления несущей способности. Несущая способность конструкций трубопроводов, находящихся в работоспособном состоянии, на данный момент обеспечена, данные конструкции в усилении не нуждаются [8-9].

Выводы по результатам визуального обследования. По результатам визуального обследования была сделана предварительная оценка общего технического состояния основных строительных конструкций каналов подводящеотводящей системы и иловых: отводящие каналы от аэротенков находятся в ограниченно-работоспособном состоянии.

Отводящие каналы до первичных отстойников находятся в недопустимом состоянии. Подводящие каналы первичных отстойников от песколовок до открытого канала с лотком Паршаля находятся в недопустимом состоянии. Открытый сборный канал за песколовками находится в ограничено работоспособном состоянии. Открытый канал с лотком Паршаля находится в ограничено работоспособном состоянии. Подводящие каналы от распределительного пункта до первичных отстойников находятся в ограниченно работоспособном состоянии. Отводящие каналы вторичных отстойников находятся в работоспособном состоянии. Подводящие каналы от распределительного пункта до вторичных отстойников находятся в ограниченно работоспособном состоянии. Открытый канал первичных отстойников находится в ограничено работоспособном состоянии. Каналы активного ила находятся в основном в работоспособном состоянии. Узлы сопряжений каналов с камерами и зданиями находятся в удовлетворительном состоянии.

Конструкции каналов из-за имеющихся повреждений требуют проведения ремонта с устранением повреждений конструкций, а также их усиления в отдельных случаях. Конструкции, имеющие признаки просадок (трещины, явно выраженное отклонение уровня лотка от проектных отметок), нуждаются в проведении мониторинга за их поведением.

Рекомендации. На основе результатов проведенного обследования установлено, что сооружения подразделяются на следующие виды: закрытые (подземные) каналы и камеры, не имеющие выхода на поверхность, заглубленные каналы и камеры с покрытием выше уровня поверхности земли, каналы открытого типа.

Закрытые (подземные) каналы и камеры подвержены следующим основным видам агрессии среды: химическая коррозия, которая наблюдается по периоду смачивания контура сооружения (разрушения бетона до 10 мм); сероводородная биохимическая коррозия (газовая коррозия), поражающая надводную часть бетонных конструкций (разрушения бетона до 100 мм); истирание по-

верхности конструкций, которая наблюдается по периоду смачивания контура сооружения (разрушения бетона до 15 мм).

Исходя из этого, для ремонта конструкций подземных каналов рекомендуется следующее. Произвести удаление поврежденного слоя бетона канала (либо камеры), а также слой торкрета. Зачистить от продуктов коррозии оголенную арматуру до металла. В местах сильной коррозии нарастить сечение арматуры, путем наваривания стержней. Выполнить обработку арматуры антикоррозионным составом. Выполнить восстановление защитного слоя бетона ремонтным составом. На поверхность конструкций изнутри нанести слой ремонтного химически стойкого состава, выполняющего функцию гидроизоляции и защиты конструкций. Обеспечить естественную вентиляцию подземных закрытых камер выполнением отверстий в их покрытии. Стальные трубы расходомеров зачистить от продуктов коррозии, на поверхность нанести защитный слой ремонтного химически стойкого материала.

Для участков с конструкциями 3 и 4 категорий технического состояния возможно применение современных технологий восстановления канализационных коллекторов. Например, применение стеклопластиковых труб. Антикоррозионная защита конструкций каналов обеспечивается применением композицией ненасыщенных полиэфирных смол, стекловолокна и инертного наполнителя. Внутренний слой сегмента (лайнер) обеспечивает максимальную химическую стойкость (устойчивость к коррозии), износостойкость, гладкость внутренней поверхности. Средний слой является силовым и обеспечивает механическую прочность конструкции. Внешний слой обеспечивает устойчивость к климатическому старению. Толщина структурного слоя рассчитывается исходя из заданных параметров изделия. При невозможности выполнения ремонтно-восстановительных работ в поврежденных каналах предусмотреть демонтаж и замену сооружений. В случае замены сооружений каналов необходимо провести усиление грунтов основания.

Трещины и швы между элементами каналов уплотняются следующим образом: произвести расшивку и зачистку трещин и швов в обделке тоннелей, осуществить монтаж инъекторов с шагом 0,8-1,0 м; выполнить нагнетание гидроактивного пенополиуретанового состава в полость трещин; произвести демонтаж накладных инъекторов и заделку мест их установки; восстановить подготовленные трещины и швы ремонтным материалом.

Заглубленные каналы и камеры с покрытием выше уровня поверхности земли (сборный канал за песколовками) подвержены следующим основным видам агрессии среды: химическая коррозия (разрушения бетона до 10 мм); сероводородная биохимическая коррозия (разрушения бетона до 35 мм); истирание поверхности конструкций (разрушения бетона до 10 мм).

Ремонт конструкций заглубленных каналов выполнять по следующей схеме: произвести удаление поврежденного бетона стен и конструкций покрытия канала, зачистить от продуктов коррозии арматуру до металла, в местах сильной коррозии нарастить сечение арматуры путем наваривания стержней, выполнить обработку арматуры антикоррозионным составом, выполнить восстановление защитного слоя бетона ремонтным составом, выполнить замену плит покрытия 4 категории технического состояния, выполнить гидроизоляцию покрытия с применением рулонных материалов, выполнить утепление конструкций покрытия, произвести замену стальных каркасов для люков в покрытии, предусмотреть устройство вентиляционных люков в покрытии камер для обеспечения естественного проветривания. Для сборного канала за песколовками произвести замены 4-х прокорродировавших стальных связей Ø 36 мм, удалить торкрет-штукатурку и поврежденный бетон с наружной части стен камеры, выполнить бетонирование подготовленных стен канала с наружной стороны, восстановить слой торкрета на поверхности стен каналов.

Герметизация каналов следующим образом: произвести расшивку и зачистку трещин и швов; восстановить подготовленные трещины и швы ремонтным материалом; уплотнить швы путем инъекции гидроактивных полиуретановых составов; нанести защитный слой ремонтного химически стойкого материала.

Открытые каналы подвержены следующим основным видам агрессии среды: химическая коррозия, которая наблюдается по периоду смачивания контура сооружения (разрушения бетона до 10 мм); истирание поверхности конструкций, которая наблюдается по периоду смачивания контура сооружения (разрушения бетона до 15 мм). Ремонт конструкций открытых каналов выполнять по следующей схеме: произвести удаление поврежденного бетона канала, удалить слой торкрета, зачистить оставшуюся от продуктов коррозии арматуру до металла.

В местах сильной коррозии нарастить сечение арматуры путем наваривания стержней, выполнить обработку арматуры антикоррозионным составом, выполнить бетонирование конструкций, установив опалубку, произвести расшивку и зачистку трещин и швов, восстановить подготовленные трещины и швы ремонтным материалом, уплотнить швы путем инъекции гидроактивных полиуретановых составов.

После восстановления герметизации каналов на внутреннюю поверхность сооружений нанести защитный слой ремонтного химически стойкого состава, выполняющего функцию гидроизоляции и защиты конструкций, ликвидировать полости под днищем канала с лотком Паршаля с применением тощего раствора, с наружной части сооружений восстановить слой торкрета.

Для конструкций с признаками просадок необходимо проведение комплекса мероприятий по укреплению грунтов основания. К таким сооружениям относятся: наземные, полузаглубленные каналы – открытый канал с лотком Паршаля и сборный канал за песколовками, подземные каналы – отводящие от аэротенков, отводящие каналы первичных отстойников до камеры выпуска отстойника, иловые каналы, подводящие каналы первичных отстойников от песколовок до открытого канала с лотком Паршаля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С., Кузина И.С., Быков Г.С. Поверочные расчёты строительных конструкций в рамках комплексного технического обследования // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 148-155.
2. Кецко Е.С., Кузина И.С. Обследование технического состояния нежилого здания культурного наследия регионального значения // В сборнике: Эффективные строительные конструкции: теория и практика. Сборник статей XXI Международной научно-технической конференции. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Пенза, 2021. С. 57-63.
3. Трунтов П.С., Кецко Е.С. Принципы инженерно-технического обследования строительных конструкций первичных отстойников // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 194-197.
4. Кецко Е.С., Трунтов П.С., Кузина И.С. Комплексное обследование технического состояния конструкций илового резервуара // Университетская наука. 2020. № 2 (10). С. 79-84.
5. Римшин В.И., Кузина И.С. Обследование строительных конструкций насосной станции // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 774-777.

6. Римшин В.И., Кузина Е.С., Кузина И.С. Методы инструментального обследования в ходе комплексных работ по оценке технического состояния зданий водоочистки // Университетская наука. 2019. № 2 (8). С. 17-22.
7. Есипов С.М., Есипова Д.В., Демин В.О. Определение глубины коррозии бетона при совокупности силовых и средовых воздействий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 263-266.
8. Меркулов С.И. Прогрессирующие разрушения зданий при локальных повреждениях строительных конструкций // В сборнике: "Лолейтовские чтения-150". Под редакцией А.Г. Тамразяна. 2018. С. 242-247.
9. Кришан А.Л., Римшин В.И., Рахманов В.А., Трошкина Е.А., Курбатов В.Л. Несущая способность коротких трубобетонных колонн круглого сечения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 220-225.

УДК 693

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Рогожкин Роман Сергеевич [1], магистрант
e-mail: r.rogozhkin1@mail.ru
Жуйков Владимир Юрьевич [2], магистрант
e-mail: vova922@yandex.ru
Пешнина Ирина Владимировна [3], доцент кафедры СКМ
e-mail: ptb43@bk.ru
[1-3] Вятский государственный университет, г. Киров

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются преимущества применения цифровых технологий при контроле в строительстве. Авторами проанализированы различные наиболее эффективные методы контроля и их главные особенности. В результате работы были описаны основные достоинства цифровых технологий и перспектива их внедрения повсеместно.

Ключевые слова: цифровые технологии; строительный контроль; BIM-технологии; робот-прораб; дроны.

DIGITAL CONSTRUCTION CONTROL TECHNOLOGIES

Rogozhkin Roman Sergeevich [1], master's student
e-mail: r.rogozhkin1@mail.ru
Zhuikov Vladimir Yurievich [2], master's student
e-mail: vova922@yandex.ru
Peshnina Irina Vladimirovna [3], Associate Professor of the Department of SCM
e-mail: ptb43@bk.ru
[1-3] Vyatka State University, Kirov

ABSTRACT

This article discusses the benefits of using digital technologies for control in construction. The authors analyzed various most effective control methods and their main features. As a result of the work, the main advantages of digital technologies and the prospect of their implementation everywhere were described.

Keywords: digital technologies; construction control; BIM technologies; robot foreman; drones.

Современные здания и сооружения становятся все более сложными объектами архитектурных и конструктивных решений. Применение цифровых технологий позволяет значительно облегчить осуществление строительного контроля, соответственно соблюдать запланированный график работ без задержек на внесение корректировок. Данные технологии применяются на всех этапах строительства и значительно сокращают вероятность возникновения ошибок.

Цифровые технологии позволяют систематизировать сбор и поступление новой информации, хранить все в одном месте, координировать участников строительного процесса и включать их в совместную работу [1]. Также применение новых технологий снижает временные затраты на определенные типы работ непосредственно на строительной площадке.

Современная эпоха научно-технической революции началась в середине XX века и сформировалась к 70-м годам XX века, когда стало наблюдаться наиболее тесное взаимодействие техники и науки, научные достижения внедрялись в различные отрасли деятельности, а также использовались новейшие технологии и автоматизация производства. При научно-технической революции на первый план выходили и выходят искусственные элементы, производством занимались и занимаются машины, а не люди.

Далее рассмотрим цифровые технологии, применяемые при контроле строительных работ в наше время, а именно:

Autodesk BIM 360 Field;

Робот-прораб от американской компании Doxel;

Дрон-технологии.

Autodesk BIM 360 Field. На сегодняшний день процедура строительного контроля на большинстве стройплощадок выглядит таким образом. Эксперт до прихода на объект распечатывает необходимые чертежи и с ними отправляется на строительную площадку. Далее в ходе осмотра и оценки он делает пометки в чертежах, вносит замечания, фотографирует то, что требуется доработать. В завершении дня эксперт строительного контроля возвращается на рабочее место и структурирует собранные данные.

Autodesk BIM 360 Field согласно [2] главным образом меняет схему действий при контроле строительно-монтажных работ. Во-первых, пропадает

необходимость распечатки чертежей: синхронизировав в начале рабочего дня устройство с сервером, эксперт получает актуальную версию всех чертежей или BIM-модели, так как Autodesk BIM 360 Field поддерживает BIM. Во-вторых, сотрудники сразу видят задачи, которые им выдал руководитель подразделения на текущий день. Как только задача будет выполнена, она закрывается, а руководитель может это проконтролировать (рис. 1).

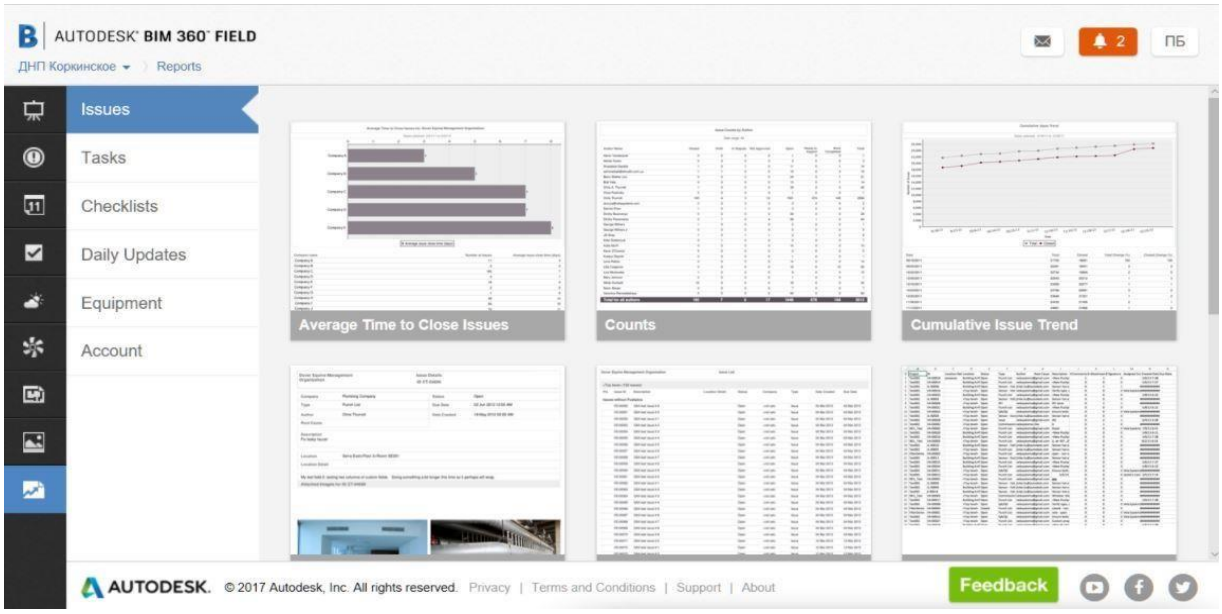


Рисунок 1 - Отчет в Autodesk BIM 360 Field

В данной программе можно вести журнал работ. Делать это могут и подрядчики, и сотрудники строительного контроля, внося данные в конкретные разделы. Все сведения привязываются к календарю, и в последствии можно получить полную информацию о количестве рабочих на определенном участке, подрядчике, количестве затраченных часов, выполненных работах и о погодных условиях в конкретный день. Журнал формирует все необходимые отчеты по дате, исполнителю и пр. (рис. 2).

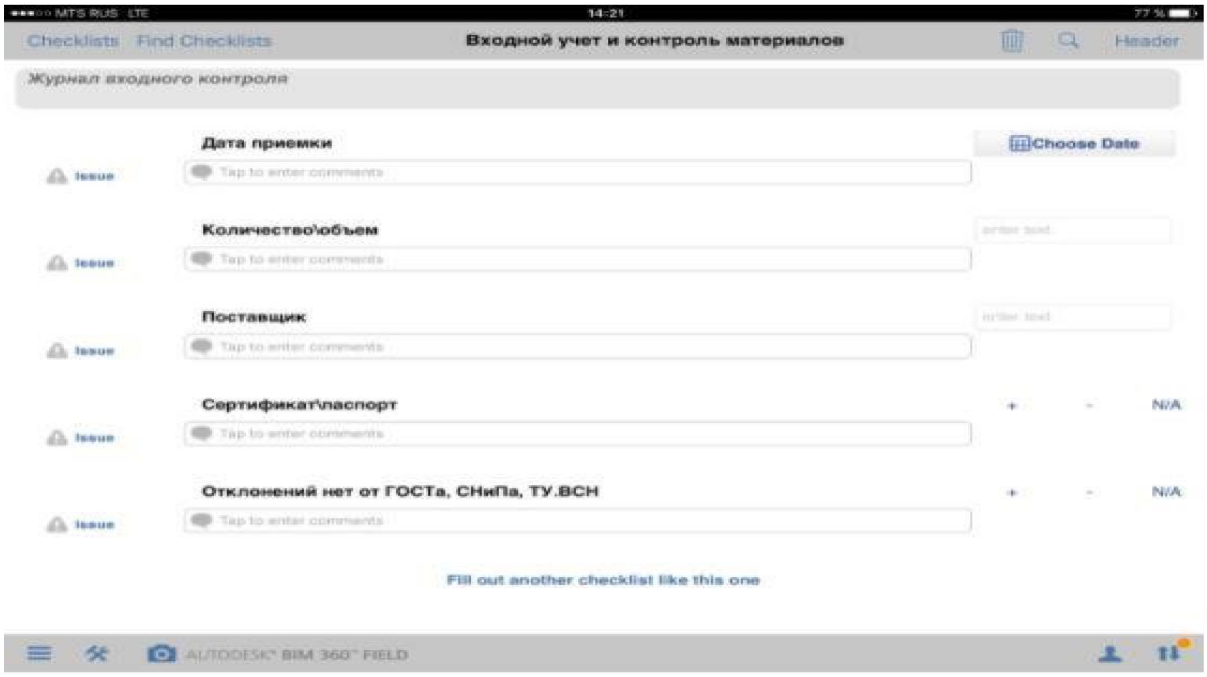


Рисунок 2 - Журнал входного контроля

Одной из важных особенностей Autodesk BIM 360 Field является функция сбора электронных подписей. Это позволяет экономить большое количество времени.

Робот-прораб от американской компании Doxel [3] представлен на рис. 3. Он контролирует ход строительства и позволяет увеличить производительность труда.

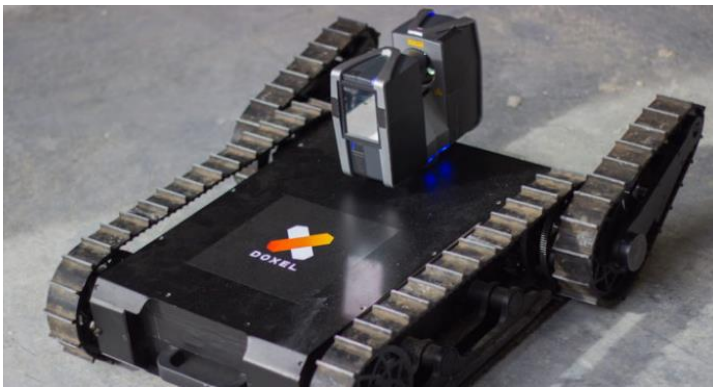


Рисунок 3 - Робот-прораб от американской компании Doxel

Робот передвигается на гусеничном ходу, имеет компактные размеры, сверху установлены специальные приборы - лидары, которые производят сверку выстроенных стен с указанными данными в чертежах. Лидар — технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления поглощения и рассеяния света в оптически прозрачных средах.

В том случае, если будут выявлены ошибки в линейных размерах построек или в инженерных коммуникациях, на смартфон работника, управляющего роботом приходит уведомление о найденных ошибках.

Робота-прораба лучше использовать в ночное время, когда на стройке находится минимальное количество рабочих. Он может сканировать около 30 000 квадратных метров в течение недели.

Для начала использования робота нужно оцифровать реальность с помощью простых, быстрых и мощных портативных устройств. Сканирование реальности можно произвести следующими способами:

фотограмметрией;

системой структурированного света;

ToF-камерами и лазерами;

камерами светового поля.

В следствии развития BIM-технологий для работы робота можно использовать 3d модели. Чертежи следует загрузить на сайт компании Doxel и, разработанный ими искуственный интелект, будет автоматически измерять прогресс и качество работы. В режиме реального времени будут поступать ранние предупреждения с действенными рекомендациями, чтобы не отставать от графика и не превышать бюджет. Первый же опыт применения робота-прораба позволил увеличить производительность на 38% и уменьшить затраты на 11%.

Дрон-технологии. В последние годы, все больше набирает обороты применение дронов или беспилотных летательных аппаратов (рис. 4).

Рисунок 4 - БПЛА (беспилотный летательный аппарат)

При использовании новых дрон-технологий [4], инжиниринговые и строительные компании получают больше контроля над выполнением проектных решений за счет:

снижения нагрузки на геодезическое сопровождение и контроль качества строительных работ;

увеличения производительности труда строительных подразделений;

снижения рисков, связанных с планированием и качеством работ.

Данные в виде фотографий, полученных дронами из разных мест, и облаков точек (трехмерного сканирования строительной площадки) могут быть использованы для построения трехмерной модели методами фотограмметрии (рис. 5).

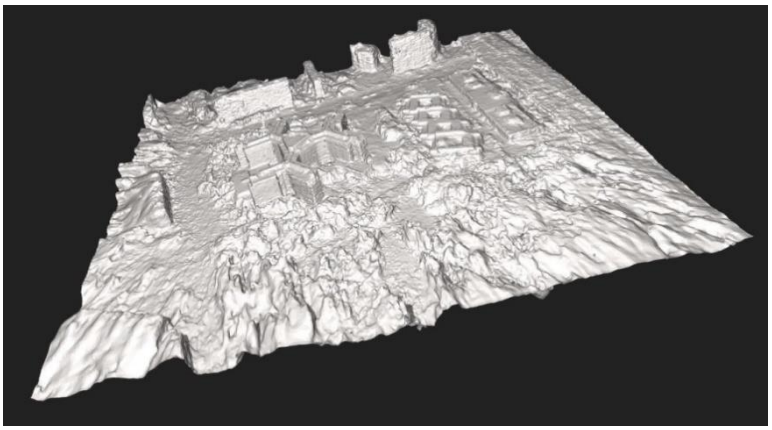


Рисунок 5 - Трёхмерная модель здания, полученная методом фотограмметрии по фотографиям с БПЛА

Данную модель сравнивают с BIM моделью для отслеживания процесса строительства и контроля качества выполнения строительно-монтажных работ.

Беспилотный летательный аппарат позволяет проектировщику и проверяющему увидеть трехмерную топографическую карту почти в реальном времени. Карта получается: 3D, цифровой, полноцветной, с точностью до 0.1 см, может регулярно обновляться в процессе работы. Благодаря обновляемой «живой» карте и специальной платформы, подкрепленной точными данными, отображаемыми на трехмерных цветных изображениях, проектировщик или проверяющий имеет точное представление о самом последнем состоянии объекта. Затем платформа автоматически сравнивает полученную карту с чертежами, чтобы на ходу проводить важные измерения, находить ошибки, отслеживать изменения и планировать следующие шаги при проектировании. Данная технология также помогает строительным подразделениям получать информацию в полевых условиях в режиме реального времени и быстрее принимать решения, что приводит к снижению затрат и более эффективному завершению строительных работ. Принцип работы дрон-технологии подразделяется на три этапа (рис. 6).

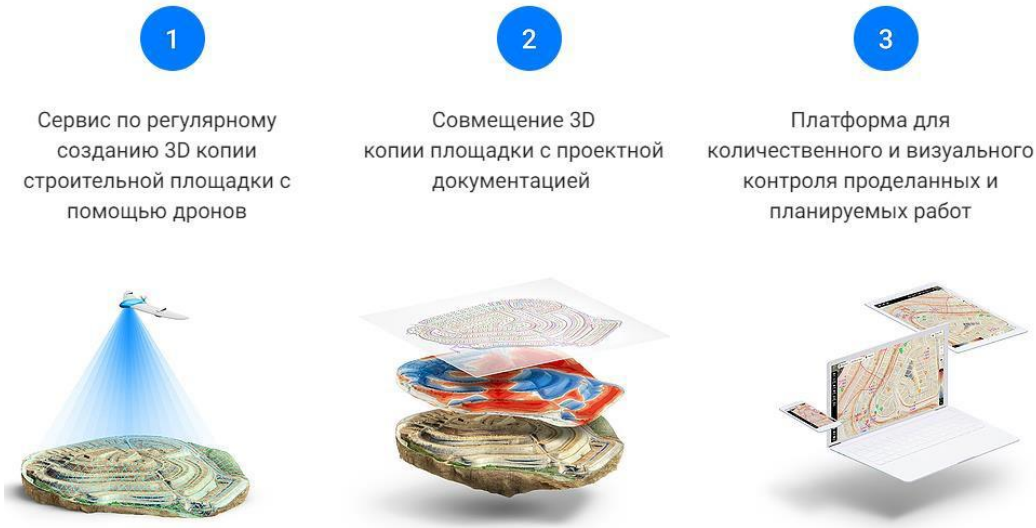


Рисунок 6 - Принцип работы дрон-технологии

Технология беспилотных летательных аппаратов дает инвесторам возможность контролировать работу подрядчиков и получать полную, достоверную документацию, которая, при необходимости, может служить в качестве доказательств при разрешении споров в суде.

В целом, применение цифровых технологий для осуществления строительного контроля оказывает положительное влияние на развитие строительной отрасли. Главными преимуществами использования данных способов строительного контроля являются снижение временных затрат, рисков возникновения несчастных случаев, экономия денежных средств и сокращение вероятности возникновения ошибок. Внедрение цифровых технологий в процедуру строительного контроля требует большого количество средств и времени, однако в дальнейшем это однозначно окупится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые технологии в сфере строительства. – URL: https://www.peri.ru/knowledge/poleznoe/tsifrovyye-tekhnologii.html - Текст: электронный.
2. Облачный сервис Autodesk BIM 360 Field: эффективное BIM-решение для контроля за стройкой. – URL: http://integral-russia.ru/2017/08/05/oblachnyj-servis-autodesk-bim-360-field-effektivnoe-bim-reshenie-dlya-kontrolya-za-strojkoj/ - Текст: электронный.
3. Artifical Intelligence for Construction Productivity: официальный сайт. – URL: https://www.doxel.ai/ - Текст: электронный.
4. Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности // Вестник Евразийской науки. – 2020. - №5. - Т.12. С. 1-12.

УДК 69.05925.728

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА 3D СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОБМЕРНЫХ РАБОТАХ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Субботин Анатолий Иванович [1], к.т.н., доцент кафедры «Промышленное гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение»
e-mail: subbotin_ai@mail.ru
Шутова Марина Николаевна [2], к.т.н., доцент кафедры «Промышленное гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение»
e-mail: Shutovapublish@mail.ru
Вареница Анастасия Павловна [3], аспирант
e-mail: varenitsa_nastya@mail.ru
Подскребалин Андрей Сергеевич [4], аспирант
e-mail: andreyser95@gmail.com
[1-4] ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск

АННОТАЦИЯ

В статье описывается опыт обследования зданий и сооружений с применением лазерного 3D-сканирования объектов производственного и непроизводственного назначения. Описаны основные преимущества применения данного метода. Представлены результаты обмерных работ. Представлены особенности конструктивных решений.

Ключевые слова: обследование зданий; 3D-сканирование; BIM-модель; облако точек; эксплуатация зданий; информационная модель.

APPLICATION OF THE 3D SCANNING METHOD FOR MEASURING WORKS WITHIN THE FRAMEWORK OF ENGINEERING AND TECHNICAL RESEARCH OF OBJECTS OF PRODUCTION AND NONINDUSTRIAL PURPOSE

Subbotin Anatoly Ivanovich [1], candidate of technical sciences, associate professor of the department «Industrial Civil Engineering, Geotechnics and Foundation Engineering»
e-mail: subbotin_ai@mail.ru

Shutova Marina Nikolaevna [2], candidate of technical sciences, associate professor of the department «Industrial Civil Engineering, Geotechnics and Foundation Engineering»
e-mail: Shutovapublish@mail.ru
Varenitsa Anastasia Pavlovna [3], postgraduate student
e-mail: varenitsa_nastya@mail.ru
Podskrebalin Andrey Sergeevich [4], postgraduate student
e-mail: andreyser95@gmail.com
[1-4] Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

ABSTRACT

The article describes the experience of inspection of buildings and structures using 3D laser scanning of industrial and non-industrial facilities. The main advantages of using this method are described. The results of measurement work are presented. The features of design solutions are presented.

Keywords: building survey; 3D scanning; BIM-model; point cloud; building operation; information model.

Одним из современных способов выполнения обмерных работ при обследовании, мониторинге, реконструкции зданий и сооружений является 3D-сканирование. Данный метод позволяет создать BIM-модель существующего здания на стадии его эксплуатации [1].

Фиксация размеров зданий и сооружений, их конфигурации в плане, геометрии архитектурных элементов фасадов не представляет проблем при применении данного метода получения данных.

Преимущества применения лазерного 3D-сканирования [2]:

- экономия времени при проведении обмерных работ любой сложности и получение точных (адекватных) результатов;

- минимизация ошибок при модернизации производственных зданий, зрелищных и культурно-просветительных учреждений, зданий организаций по обслуживанию населения по части вписывания нового оборудования в имеющееся пространство;

- сокращение ошибок при реконструкции зданий и сооружений объектов культурного наследия в области замеров труднодоступных архитектурных элементов барельефа, горельефа;

- минимизация ошибок при реконструкции памятников культурного наследия по части детальных замеров архитектурных элементов скульптур;

- мониторинг на этапе строительства, а именно выявление отклонений несущих и ограждающих конструкций от проектной (рабочей) документации (смещений относительно разбивочных осей, кренов, отклонений сечений);

- мониторинг на этапе эксплуатации зданий – проведение текущих обследований строительных конструкций и выявление возможных дефектных участков;

- картографирование и трехмерное моделирование поверхности земельного участка – на этапе проведения предпроектных работ для точного определения вертикальных отметок рельефа и дальнейшего подсчета объемов выемок и насыпи при планировке территории и др.

При 3D-сканировании сотрудниками ООО «Строительно-производственное управление» при участии научных кадров ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова применяется активный 3D-сканер. Принцип его работы заключается в использовании определённого вида излучения и сканирования объекта через отражение света или прохождение излучения через объект или среду. Сканирование производится по станциям, а камеральная обработка полученных данных производится в программе AutoDesk ReCap в единую BIM-модель. В результате получают облако точек, представляющее собой массив, где каждая точка имеет индивидуальные координаты. В облаке точек отражены данные о геометрии сложных архитектурных форм, элементов лепного декора экстерьера и интерьера объекта, расположение объектов в пространстве (внутреннее наполнение помещений – расположение оборудования, систем инженерного обеспечения и др.).

Полученную 3D-сканированием информацию обрабатывают в программе AutoDesk ReCap, затем импортируют в программу Revit и собирают 3D-модели зданий и сооружений. Затем, с помощью нескольких кликов мыши, импортируют двухмерное изображение в программу AutoCad для дальнейшей работы с чертежом.

BIM модель в программе AutoDesk ReCap удобно использовать для выполнения простых обмерных работ: определение расстояния по осям X, Y, Z, определение диаметров, сечений и др.

Заметим, что результаты съемки удобно импортировать в двух и трехмерные системы проектирования и черчения, так как разработчиком системы проектирования AutoCad, Revit и программы для создания и обработки облака точек ReCap является одна и та же фирма Autodesk.

В статье приведены примеры работ, выполненных при помощи 3D-сканирования, со зданиями различного назначения.

На рис. 1 – 6 показаны этапы и итоги работ по промышленному объекту «Производственный корпус ПК6 на объекте «Строительство объектов второй очереди Чайковского филиала АО «Газпром бытовые системы» на основе отчета [3].

Рисунок 1 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

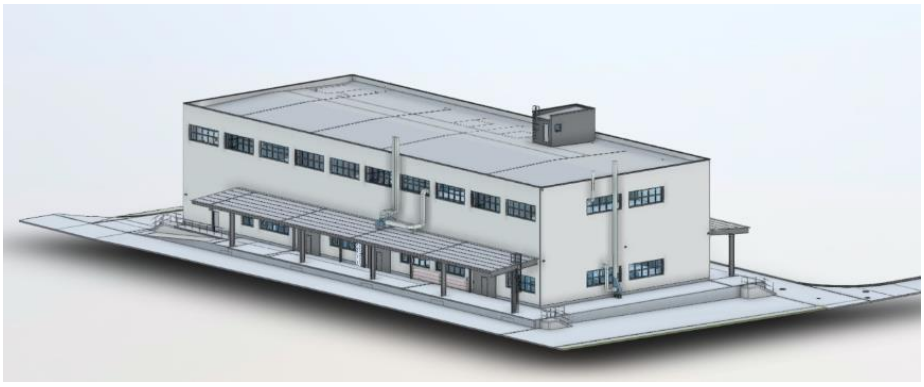


Рисунок 2 - Полигональная бесцветная модель на основе лазерного сканирования

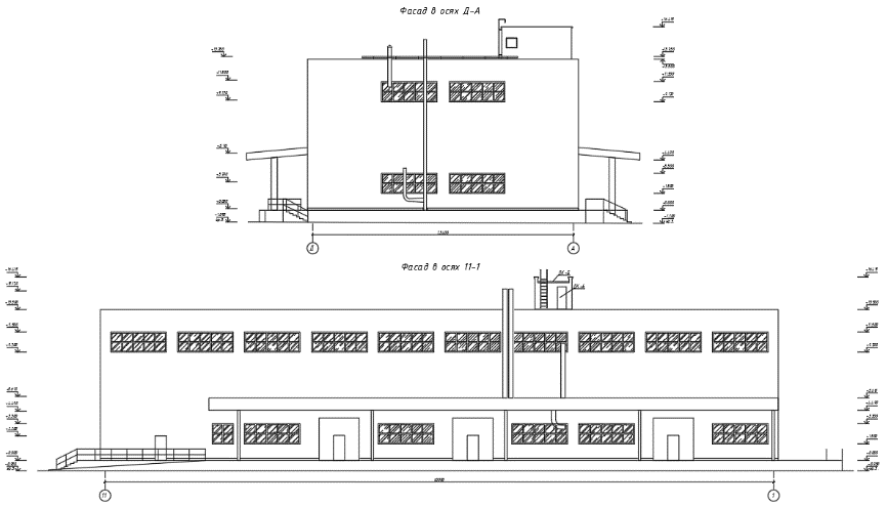


Рисунок 3 – Чертеж здания в 2D в программе AutoCad. Фасады Д-А и 11-1

Рисунок 4 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

Рисунок 5 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

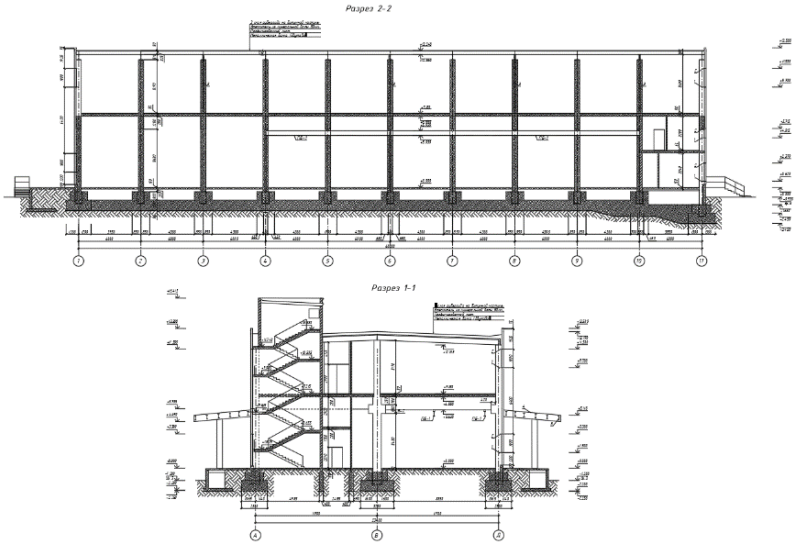


Рисунок 6 - Чертеж здания в 2D в программе AutoCad. Разрезы 1-1 и 2-2

На рис. 7 – 9 показаны этапы и итоги работ по объекту культурного наследия «Здание, расположенное по адресу: Краснодарский край, г. Сочи, Центральный район, ул. Виноградная, 14» на основе отчета [4].

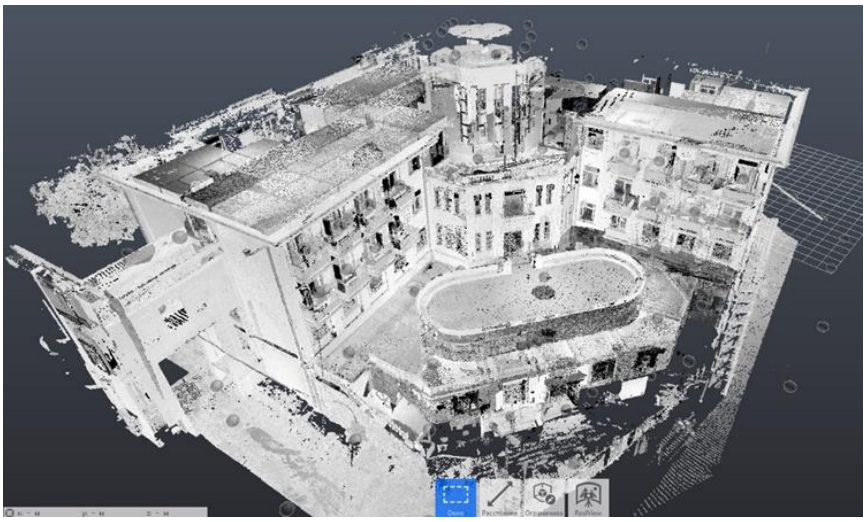


Рисунок 7 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

Рисунок 8 - Полигональная бесцветная модель на основе лазерного сканирования

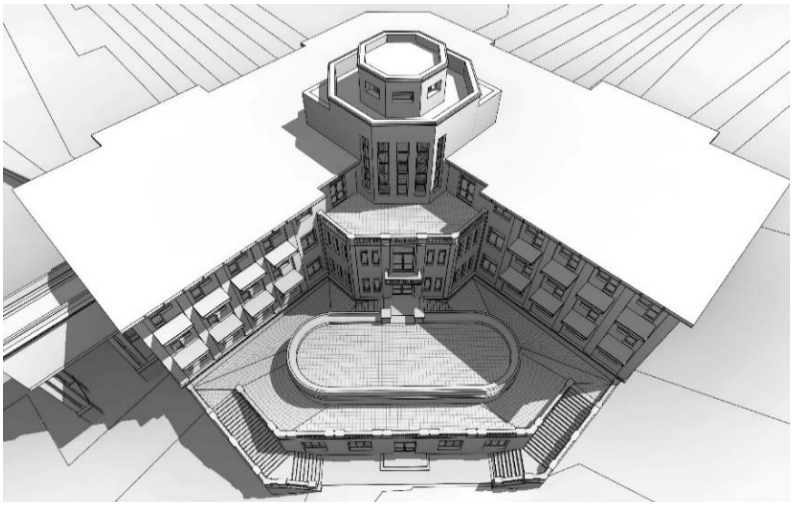


Рисунок 9 - Полигональная бесцветная модель на основе лазерного сканирования

На рис. 10 – 13 показаны этапы и итоги работ по объекту непроизводственного назначения «Здание дошкольной образовательной организации на 220 мест по Мариупольскому шоссе, 31/7 в г. Таганроге Ростовской области» на основе отчета [5].

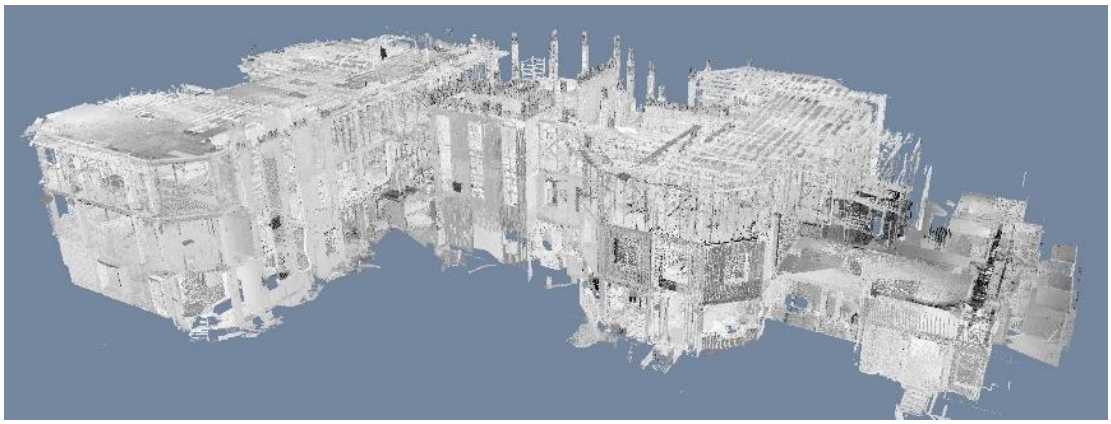


Рисунок 10 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

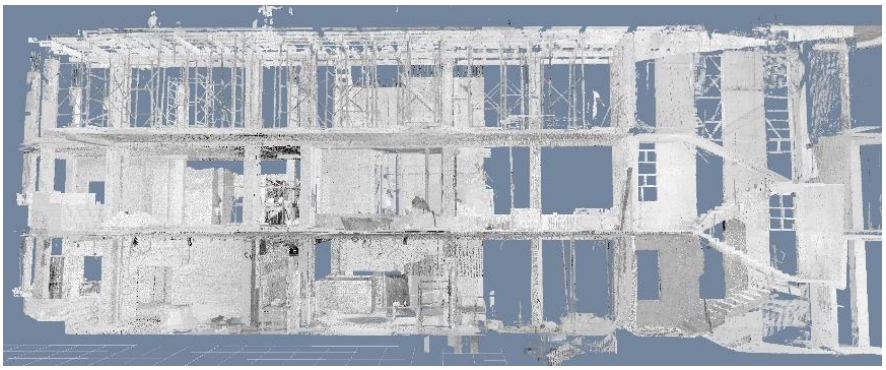


Рисунок 11 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

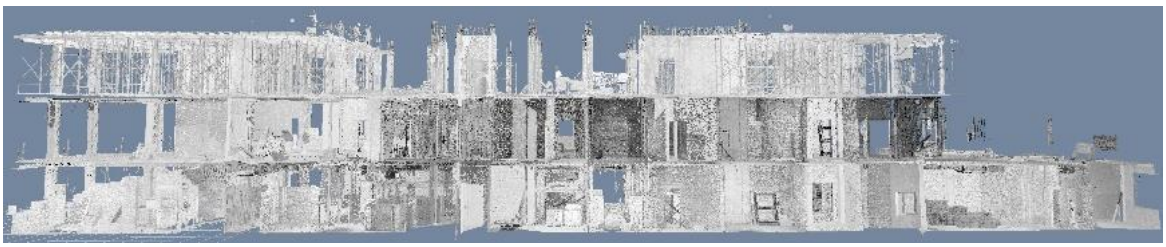


Рисунок 12 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

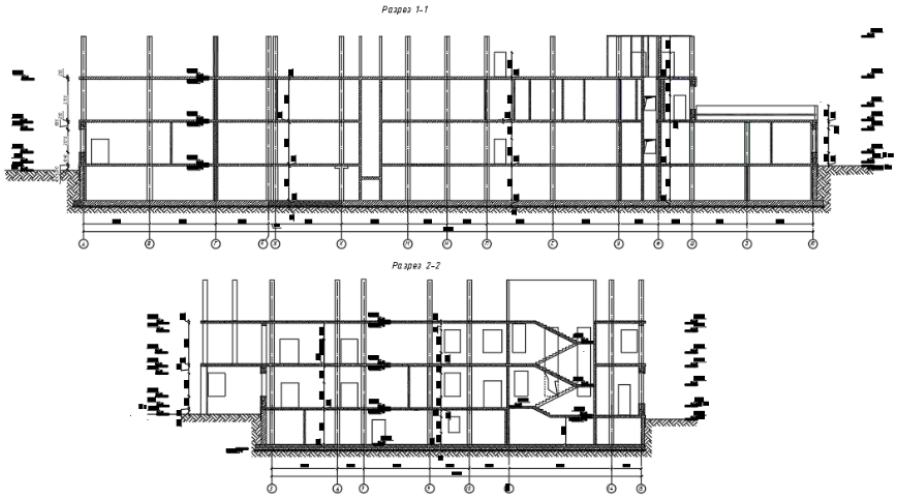


Рисунок 13 - Чертеж здания в 2D в программе AutoCad, Разрезы 1-1 и 2-2

На рис. 14 – 17 показаны этапы и итоги работ по промышленному объекту «Существующий внутренний стальной газопровод протяженностью 240,6 м, расположенного по адресу: Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 69/3» на основе отчета [6].

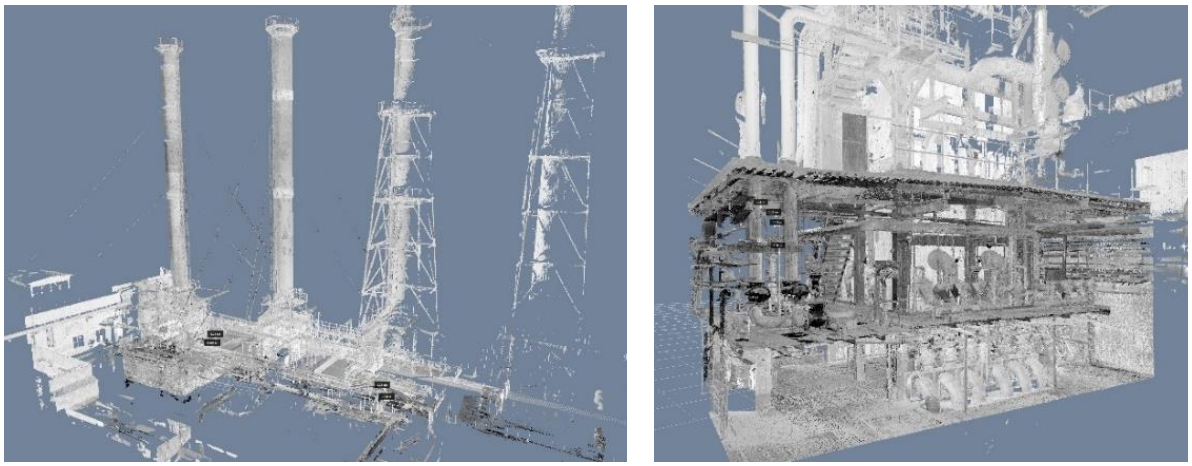


Рисунок 14 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

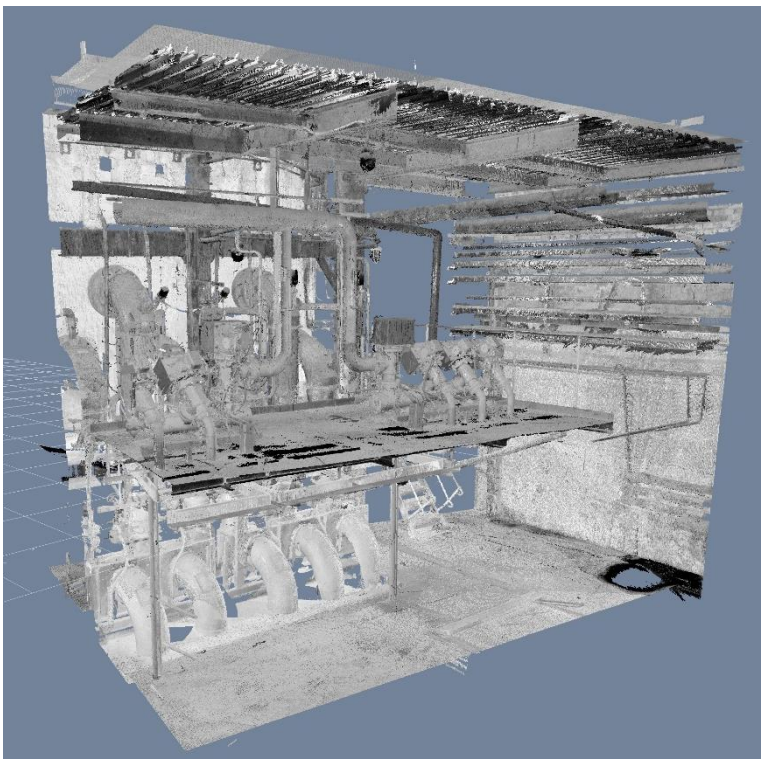


Рисунок 15 - Облако точек по результатам лазерного 3D-сканирования

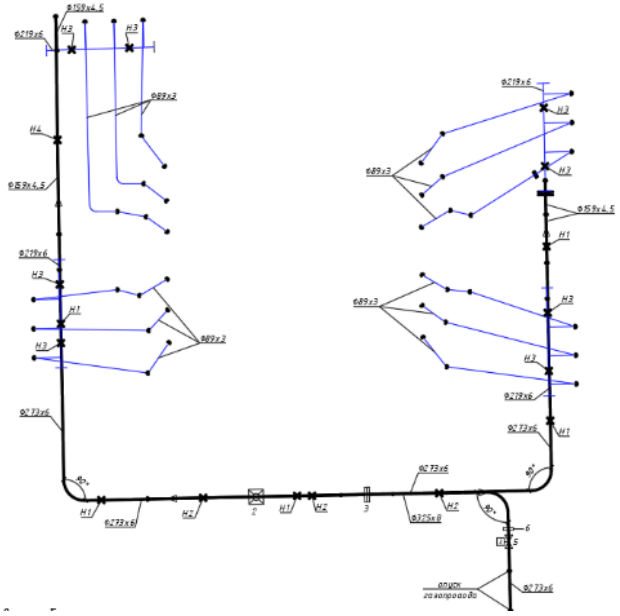


Рисунок 16 - Чертеж здания в 2D в программе AutoCad. План внутреннего газопровода

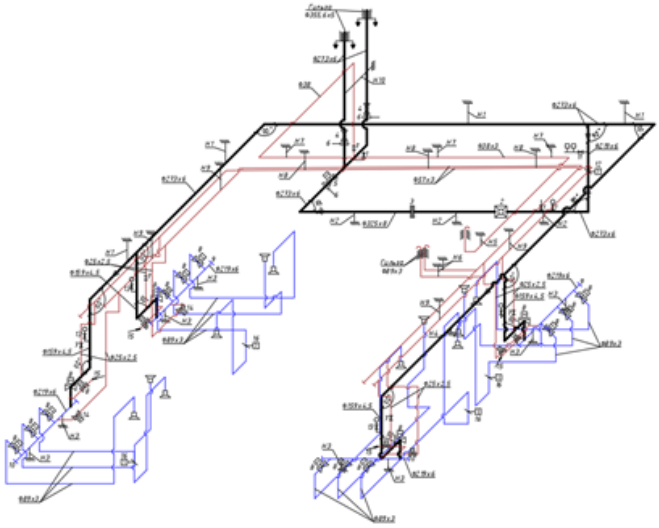


Рисунок 17 - Чертеж здания в 2D в программе AutoCad. Аксонометрическая схема внутреннего газопровода

В заключение вышесказанного и иллюстрированного можно сделать вывод о том, что применение современных инновационных методов и инструментов для выполнения задач по обследованию зданий и сооружений позволяет получить результаты в лучшем качестве и большем объеме. При этом степень детализации и адекватности полученных данных напрямую зависит от класса 3D-сканера, используемого для работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Султанов Л. З., Мустафина С. А. Компьютерная программа для сшивки данных лазерного 3Д сканирования //Навигатор в мире науки и образования. – 2017. – №. 1. – С. 359-362.
2. Орлова К. Н., Литуновский И. Г., Субботин И. А. Применение метода 3d сканирования и аэрофотосъемки при архитектурных обмерах в рамках инженерно-технических исследований объектов культурного наследия //Студенческая научная весна-2021. – 2021. – С. 219-219.
3. Отчет «Заключение по результатам комплексного обследования о техническом состоянии строительных конструкций и инженерно-технического обеспечении производственного корпуса ПК6 для подготовки технического задания на разработку проектно-сметной документации на объекте «Строительство объектов второй очереди Чайковского филиала АО «Газпром бытовые системы». Местоположение объекта: Пермский край, г. Чайковский, промплощадка «Сутузово»».
4. Отчет «Инструментальное дообследование строительных конструкций зданий корпусов № 2 (Литер В) и № 3 (Литер Г) объекта: "Капитальный ремонт и приспособление объекта капитального строительства – здания Литеры А, В, Г, Д по адресу: Краснодарский край, г. Сочи, Центральный район, ул. Виноградная, 14"».
5. Отчет «Заключение о техническом состоянии возведенных монолитных железобетонных конструкций каркаса и ограждающих конструкций здания дошкольной образовательной организации на 220 мест по Мариупольскому шоссе, 31/7 в г. Таганроге Ростовской области».
6. Отчет «Восстановление производственно-технической документации на существующий внутренний стальной газопровод среднего давления протяженностью 240,6 м, расположенного по адресу: Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 69/3».

УДК 624.072.2.014

ЗНАЧИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Фарфель Михаил Иосифович [1], к.т.н., заведующий лабораторией
e-mail: Farfelmi@yandex.ru
Гукова Маргарита Ильинична [2], к.т.н., заместитель заведующего лабораторией
e-mail: Gukova.Rita@yandex.ru
Кондрашов Дмитрий Владимирович [3], ведущий научный сотрудник
e-mail: dkondras@mail.ru
Коняшин Дмитрий Юрьевич [4], научный сотрудник
e-mail: dkon10@yandex.ru
[1-4] ОАО «НИЦ «Строительство» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, г. Москва

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты мониторинга строительства котлована строящейся гостиницы у Курского вокзала в г. Москве по «московскому методу»: с помощью распорной системы ферм, закрепленных в «стене в грунте». Мониторинг осуществлялся по апробированной разработанной в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко методики определения напряжений (деформаций) в элементах металлических конструкций с использованием механических тензометров со съемным индикатором. Во время проведения мониторинга были выявлены нештатные ситуации, потребовавшие экстренных мер для устранения недопустимых напряжений в конструкциях.

Ключевые слова: техническое состояние; мониторинг; деформация; напряжение; несущие конструкции; распорные фермы; котлован; этапы; циклы.

THE IMPORTANCE OF MONITORING THE TENSE CONDITIONS OF STRUCTURES OF UNIQUE STRUCTURES

Farfel Mikhail Iosifovich [1], Ph.D., Head of the Laboratory
e-mail: Farfelmi@yandex.ru
Gukova Margarita Ilyinichna [2], Ph.D., Deputy Head laboratory
e-mail: Gukova.Rita @ yandex.ru
Kondrashov Dmitry Vladimirovich [3], Leading Researcher

e-mail: dkondras@mail.ru
Konyashin Dmitry Yuryevich [4], Researcher
e-mail: dkon10@ yandex.ru
[1-4] JSC «SIC «Construction» TSNIISK named after V.A. Kucherenko, Moscow

ABSTRACT

The article presents the results of monitoring the construction of a pit of a hotel under construction near the Kursk railway station in Moscow according to the «Moscow method»: using a spacer system of trusses fixed in the «wall in the ground». The monitoring was carried out according to the approved methodology developed at the V.A. Kucherenko Central Research Institute for Determining stresses (deformations) in elements of metal structures using mechanical strain gauges with a removable indicator. During the monitoring, abnormal situations were identified that required emergency measures to eliminate unacceptable stresses in structures.

Keywords: technical condition; monitoring; deformation; stress; load-bearing structures; spacer trusses; excavation; stages; cycles.

В соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1] мониторингу технического состояния подлежат уникальные здания и сооружения для повышения степени обеспечения их безопасного функционирования, а также для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния несущих конструкций и своевременного принятия, в случае негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций, экстренных мер по предотвращению их обрушений.

По терминологии Градостроительного Кодекса РФ и статьи 15 Федерального закона N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2, 3] к уникальным относятся здания и сооружения с высотой, превышающей 100 м, с величиной пролета более 100 м, с вылетом консоли более 20 м или с заглублением подземной части относительно планировочной отметки земли более чем на 15 м, а также сооружения, где используются конструкции и конструктивные схемы с применением нестандартных или специально разработанных методов расчета или требующих проверки на физических моделях. Кроме того, к уникальным относятся спортивно-зрелищные, культовые сооружения, выставочные павильоны, торговые и развлекательные комплексы с рас-

четным пребыванием внутри более 1 000 человек или более 10 000 человек вблизи объекта.

Первым положительным опытом проведения такой работы является мониторинг покрытия Большой спортивной арены (БСА) «Лужники», который выполняется сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» с 1996 года по настоящее время [4, 5, 6].

В течение двух лет (с 2019 по 2020 годы) по разработанной в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко методике проводился мониторинг напряженного состояния распорной системы котлована строящейся гостиницы у Курского вокзала в г. Москве [7].

Архитектурные фасады строящейся гостиницы приведены на рис. 1.

а **б**

Рисунок 1 - Виды архитектурного фасада, строящейся гостиницы:
а) со стороны Садового кольца;
б) от Садового кольца в сторону Курского вокзала

Мониторинг представлял собой периодическое наблюдение за напряженным состоянием несущих конструкций распорных ферм, обеспечивающих устойчивость котлована, и был необходим для заблаговременного предупреждения и предотвращения возможных нештатных ситуаций на стадии строительства котлована под гостиницу.

Особенностью конструкции котлована строящейся гостиницы было устройство монолитной железобетонной «стены в грунте» толщиной 800 мм и глубиной до 30,25 м. «Стена в грунте» – из монолитного железобетона (класса В30, марки по водонепроницаемости W6 и марки по морозостойкости F100) – выполнялась гидрофрезой с шириной ковша 2,8 м. Глубина котлована составляла от 20,70 м до 21,20 м. Грунт из котлована удалялся постепенно с раскреплением «стены в грунте» распорными фермами, которые устанавливались поэтажно по мере удаления грунта из котлована.

Общий вид строительной площадки после устройства верхней «трансферной» плиты показан на рис. 2.

Рисунок 2 – Строительство гостиницы у Курского вокзала в г. Москве. Вид после устройства верхней «трансферной» плиты

Вид железобетонной «стены в грунте» показан на рис. 3.

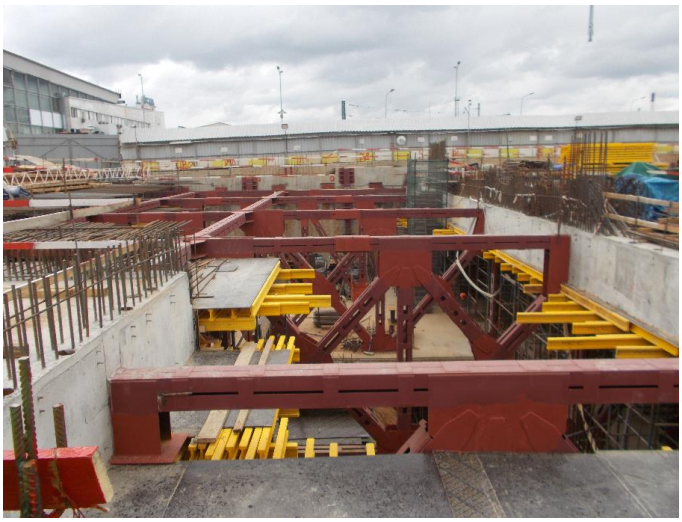
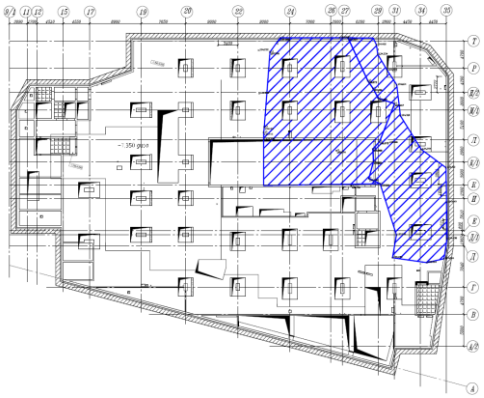


Рисунок 3 – Стена в грунте

Обеспечение устойчивости от опрокидывания «стены в грунте» и ее раскрепление осуществлялось четырьмя ярусами капитальных перекрытий, которые соединялись между собой системой из распорных ферм, состоящих на трех ярусах - из поясов и раскосной решетки и на самом нижнем 4-ом ярусе – из подкосов к узлам нижних поясов третьего яруса (рис. 4). Вес перекрытий с монтажной нагрузкой передавался на «стену в грунте» через эти распорные фермы, опирающиеся на нее с помощью временных опорных столиков, выполненных из двутавров 50Б2. Опорные столики крепились к закладным деталям, заложенным в «стене в грунте».

Рисунок 4 – Распорные фермы верхнего (первого) яруса

Установка распорных ферм (рис. 5) осуществлялась по мере выработки грунта под уже смонтированными конструкциями.



а **б**

Рисунок 5 – Выработка грунта под первым ярусом распорных ферм (а) и схема удаления грунта (б) (зона выемки выделена синим цветом) под перекрытием, верхний обрез которого расположен на отм. +135.650 м

План расположения ферм распорной системы приведен на рис. 6. На рис. 7-9 представлены некоторые характерные схемы распорных ферм в сечениях котлована.

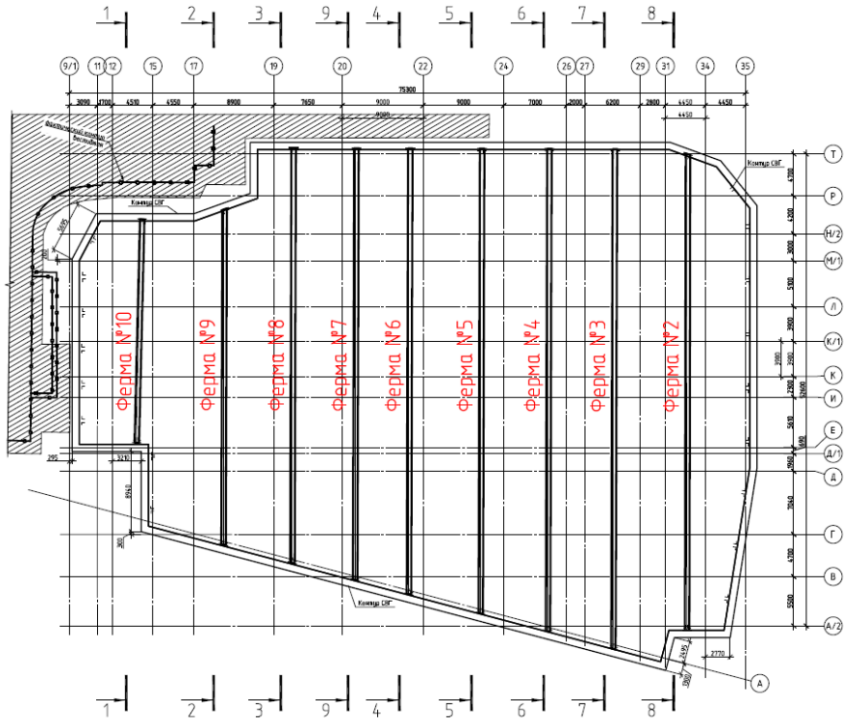


Рисунок 6 – План расположения ферм распорной системы котлована

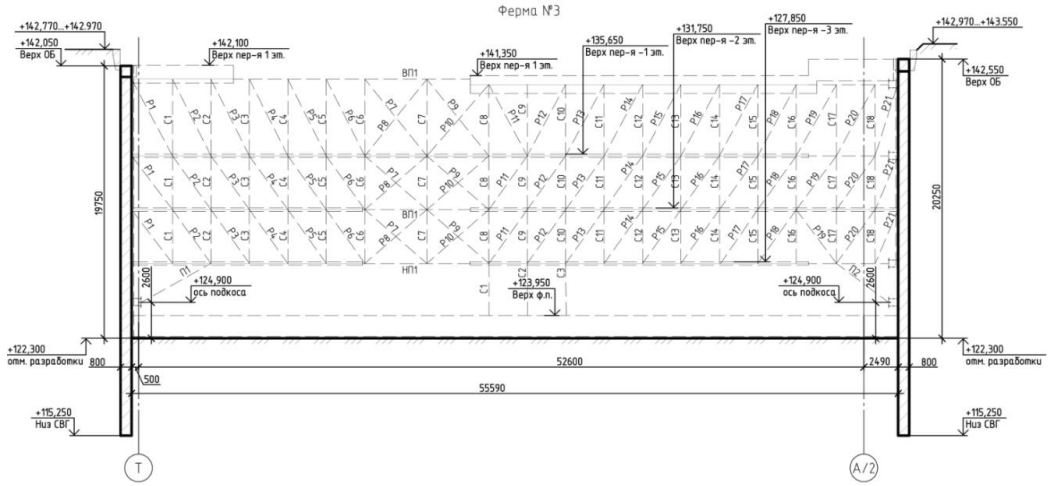


Рисунок 7 – Схема распорной фермы №3 (Разрез 7-7)

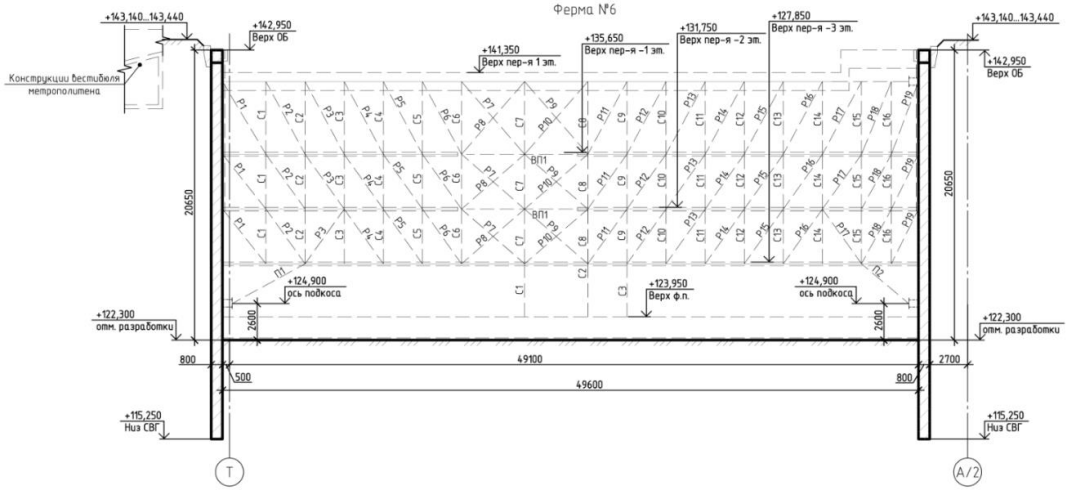


Рисунок 8 – Схема распорной фермы №6 (Разрез 4-4)

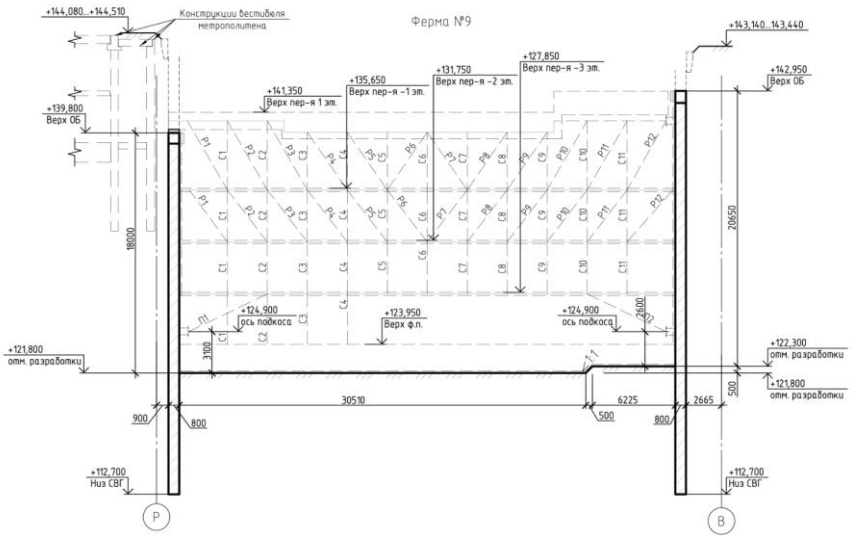


Рисунок 9 – Схема распорной фермы №9 (Разрез 2-2)

Мониторинг осуществлялся с помощью механических тензометров, установленных в наиболее напряженных элементах стальных распорных ферм (рис. 10). Исходным для определения их напряженного состояния, в процессе создания фундаментов строящегося здания, было принято их состояние в момент снятия нулевых отсчетов с установленных тензометров на уже смонтированных распорных конструкциях до установки перекрытий и стен подземной части.

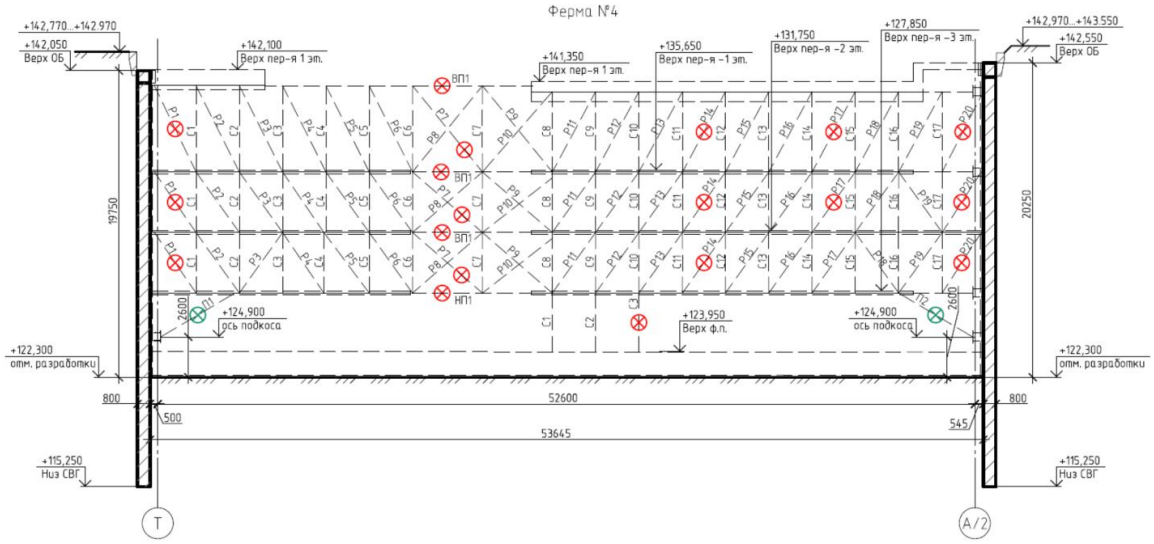


Рисунок 10 – Схема установки механических тензометров на ферме №4 (Разрез 6-6)

Определение напряженного состояния в элементах распорной системы производилось измерением деформаций с использованием механических тензометров ТМИ-500М на базе индикаторов часового типа, разработанных в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, установленных на наиболее напряженных элементах распорных ферм (рис. 11).

При применении электромеханических или электронных систем измерений возможна реальная угроза повреждения или утрата закрепленных на конструкциях приборов или соединительных кабелей для электромеханических датчиков во время монтажа конструкций. Воздействие на электромеханические или электронные датчики атмосферных осадков и электромагнитного излучения от сварочных работ или другого строительно-монтажного оборудования также может привести к их повреждению. Принятая для проведения измерений система регистрации напряжений в элементах распорных ферм с помощью механического тензометра со съемным деформометром является более надежной.

Тензометр ТМИ-500М представляет собой базу с удлиненным стержнем, стационарно закрепляемую на исследуемой строительной конструкции (рис. 11), и съемное измерительное устройство (деформометр), выполненное на основе серийного индикатора часового типа ИЧ-10, с помощью которого определяется изменение длины измерительной базы (рис. 12), принятой для данного типа тензометра 500 мм.

Рисунок 11 – Установка механического тензометра ТМИ-500М со съемным деформометром

Тарировка механического тензометра производится при помощи специально изготовленного в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко калибра (рис. 13) и осуществляется при проведении каждого цикла измерений.

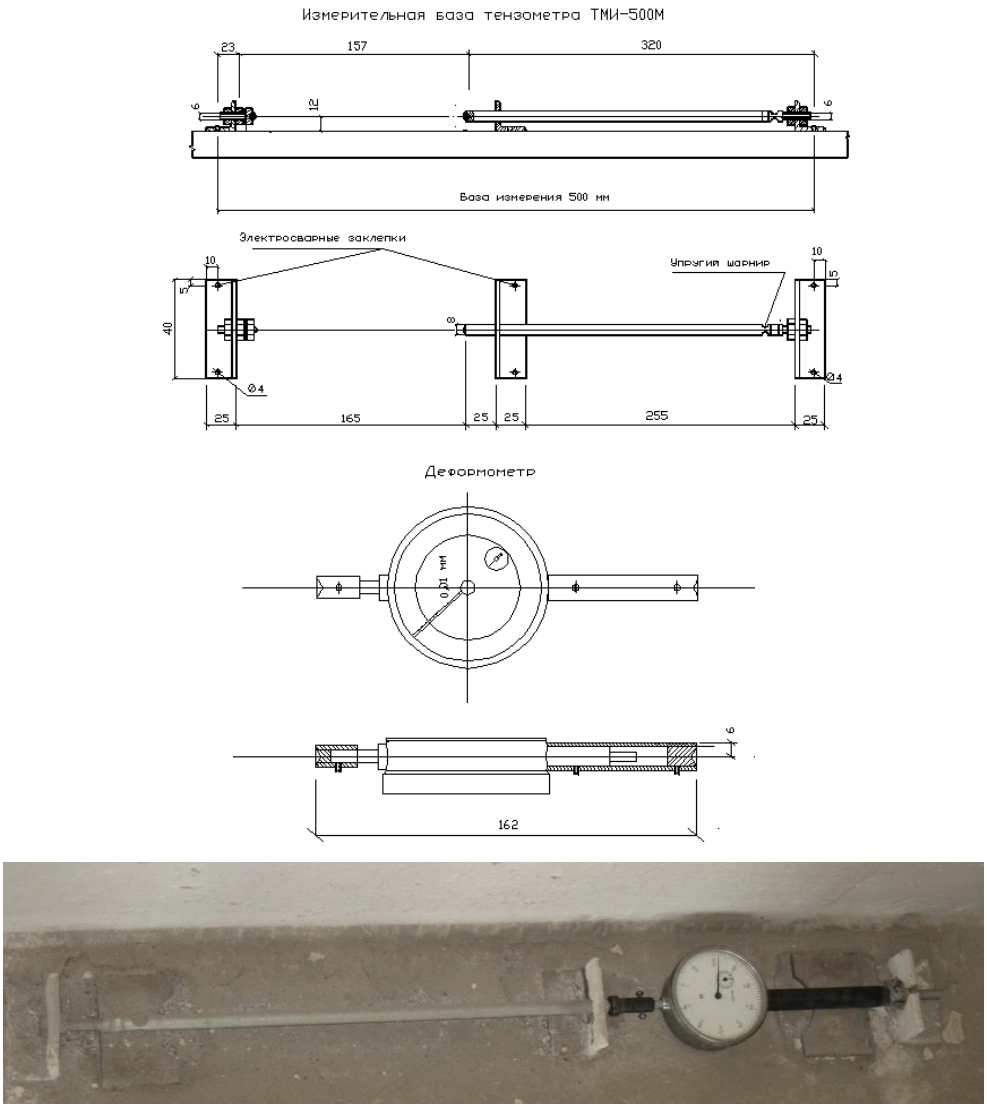


Рисунок 12 – Схема и общий вид механического тензометра ТМИ-500М

а)

б)

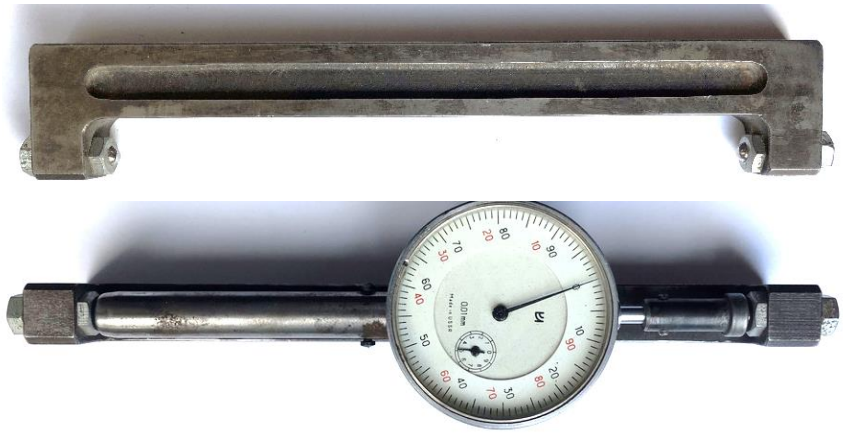


Рисунок 13 – Вид калибра (а) и тарировка деформометра с помощью калибра (б)

Напряжения в элементах ферм определяются с помощью закона Гука по результатам измерений деформаций. При этом учитывается вся история нагружения конструкции с момента её возведения до проведения текущего этапа.

Показание деформометра позволяет определить напряжение, возникающее в месте установки прибора.

Согласно закону Гука:

$$\sigma = E\varepsilon,$$

где σ – напряжение в конструкции;

E – модуль упругости материала;

ε = ΔL/L – относительная деформация;

ΔL – абсолютная деформация;

L – измерительная база прибора (в данном случае 50см).

Одно деление шкалы прибора ИЧ10 (ΔL) составляет 0,01 мм или 0,001 см, тогда абсолютная деформация, соответствующая этой величине, будет соответствовать напряжению $\sigma = 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot (0{,}001/50) = 42$ кг/см^2 = 4,2МПа.

При определении деформаций элементов вводится учет температурных поправок из-за того, что температура самой конструкции, температура штанги базы механического тензометра и температура контрольного калибра прибора могут различаться. Разработана методика учета поправок при определении действительных деформаций элементов покрытия.

В общем виде база деформометра, штанга и скоба калибра характеризуются длиной – L, $L_ш$, L_c и температурой – t, $t_ш$, t_c соответственно.

Штанга, база деформометра и контрольный калибр изготовлены из одинаковой стали и имеют коэффициент линейного расширения, равный $\alpha=12 \cdot 10^{-6}$. В зависимости от базы деформометра длина штанги $L_ш= \beta \cdot L$ и длина калибра $L_c= \xi \cdot L$. Здесь β и ξ – части базы деформометра, и β+ξ=1.

При разности температуры базы деформометра и штанги – $\Delta t_ш=t-t_ш$ деформация штанги от действия температуры будет равна $\Delta_ш= \alpha \cdot \Delta t_ш \cdot L_ш$; при разности температуры базы деформометра и калибра – $\Delta t_c= t-t_c$ деформация калибра от действия температуры $\Delta_c = \alpha \cdot \Delta t_c \cdot L_c$. Общая деформация от действия температуры $\Delta t = \Delta_ш+\Delta_c$, или:

$$\Delta t =\alpha \cdot (t - t_ш) \cdot \beta \cdot L+ \alpha \cdot (t - t_c) \cdot \xi \cdot L = \alpha \cdot L \cdot [t(\beta+\xi - \beta \cdot t_ш- \xi \cdot t_c].$$

Учитывая, что β+ξ=1, и одно деление деформометра ТМИ 500М составляет 0,01 мм, температурную деформацию следует вычислять по формуле:

$$\Delta t =100 \cdot \alpha \cdot L \cdot (t - \beta \cdot t_ш - \xi \cdot t_c).$$

Для механического тензометра ТМИ-500М при L=500 мм; $L_ш$ =305 мм; L_c=195 мм; $\alpha \cdot L=12 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 0{,}006$ мм; β=0,39; ξ=0,61

формула для вычисления температурной деформации принимает вид:

$$\Delta t = 0{,}234 \cdot (t - t_ш) + 0{,}366 \cdot (t - t_c)$$

Здесь Δt – измеряется в количестве делений индикатора.

Таким образом, при определении деформации волокна сечения деформация, полученная при измерении от внешних нагрузок, должна суммироваться с температурными деформациями.

Измерение температур конструкции, штанги и калибра проводится электронным контактным термометром ТК-5.01П, изготовленным отечественной фирмой Техно АС (рис. 14). Пределы измерений термометра расположены в диапазоне от -20^0С до $+200^0$С.

Рисунок 14 – Измерение температуры элемента конструкции контактным термометром ТК-5.01 П

За время проведения мониторинга (с сентября 2019 года по декабрь 2020 года) было проведено шесть этапов измерений (всего 32 цикла) по всем ярусам: на отм. + 141.350 (1 ярус); + 135.650 (2 ярус); +131.750 (3 ярус) и + 127.850 (4 ярус). При этом, по мере установки верхней грани перекрытия на соответствующей отметке, под ним удалялся грунт.

Со 2-го по 8-й циклы (рис. 15) напряжения во всех элементах установленных ферм были сравнительно равномерные и не превышали по растяжению 1260 кг/см^2 (в 9 ферме) и по сжатию 1071 кг/см^2 (в 5 ферме).

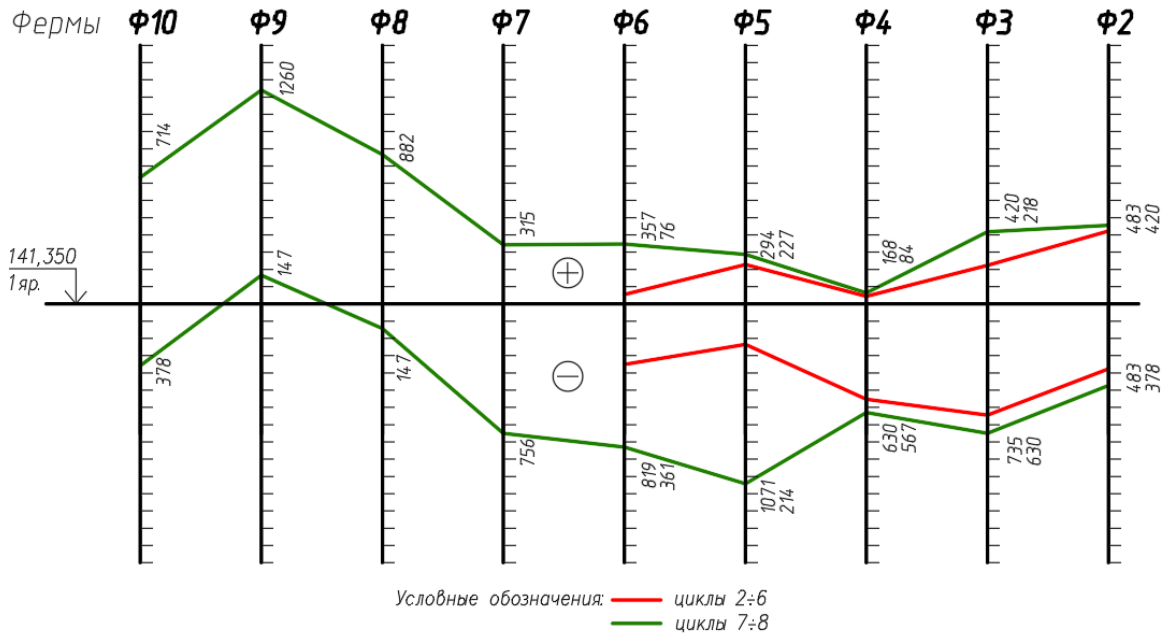


Рисунок 15 – Эпюры средних максимальных напряжений в элементах ферм (циклы 2 ÷ 8)

<u>На 1-м ярусе</u> ферм 5, 6 и 7, начиная с 11 цикла, напряжения в их элементах стали резко возрастать (рис. 16, 17):

- в 7 ферме по растяжению с 1470 кг/см^2 (цикл 11) до 1512 кг/см^2 (в циклах 28÷32);

- в 5 ферме по сжатию с 1428 кг/см^2 (цикл 11) до 2520 кг/см^2 (в циклах 28÷32).

<u>На 2-м ярусе</u> наибольшие напряжения определились (см. рис. 15,16):

- в элементах фермы 4 по растяжению с 1596 кг/см^2 (начиная с цикла 12) до 1806 кг/см^2 (в циклах 28÷32) и по сжатию от 538 кг/см^2 (начиная с цикла 12) до 966 кг/см^2 (в циклах 28÷32);

- в элементах фермы 8 по растяжению с 1092 кг/см^2 (начиная с цикла 12) до 2100 кг/см^2 (в циклах 28÷32) и по сжатию с 1092 кг/см^2 (начиная с цикла 12) до 2100 кг/см^2 (в циклах 28÷32).

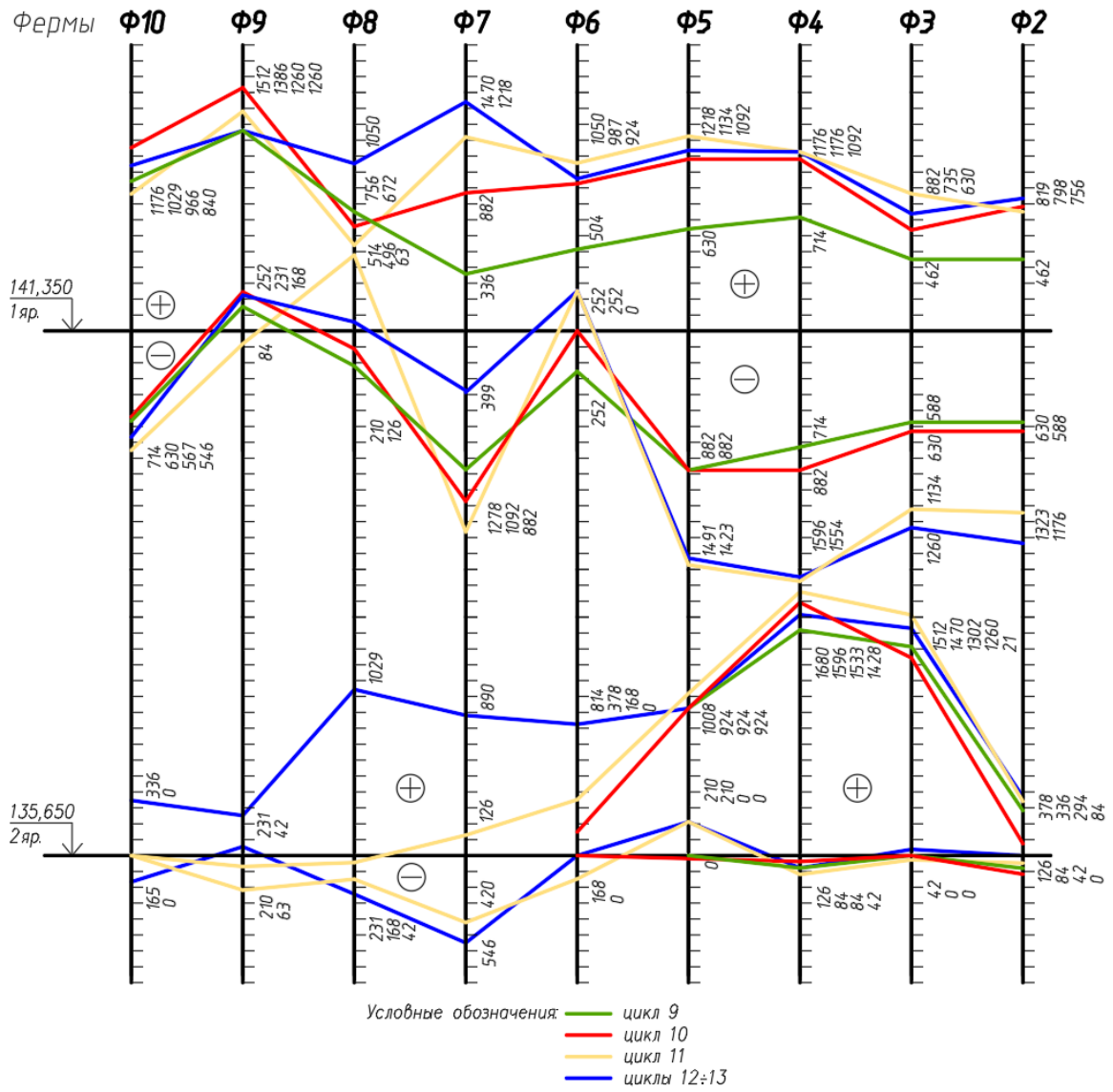


Рисунок 16 – Эпюры средних максимальных напряжений в элементах ферм (циклы 9 ÷ 13)

<u>На 3-м ярусе</u> (см. рис. 17) наблюдался только один скачок в ферме 5 по растягивающим напряжениям до 1260 кг/см^2 (в цикле 14), а по сжатию максимальные напряжения доходили только до 756 кг/см^2 (в циклах 28÷32) в элементах фермы 8.

<u>На 4-м ярусе</u> (см. рис. 17), начиная с 19 цикла, во всех элементах ферм были только сжимающие напряжения, достигающие 890 кг/см^2 в ферме 8.

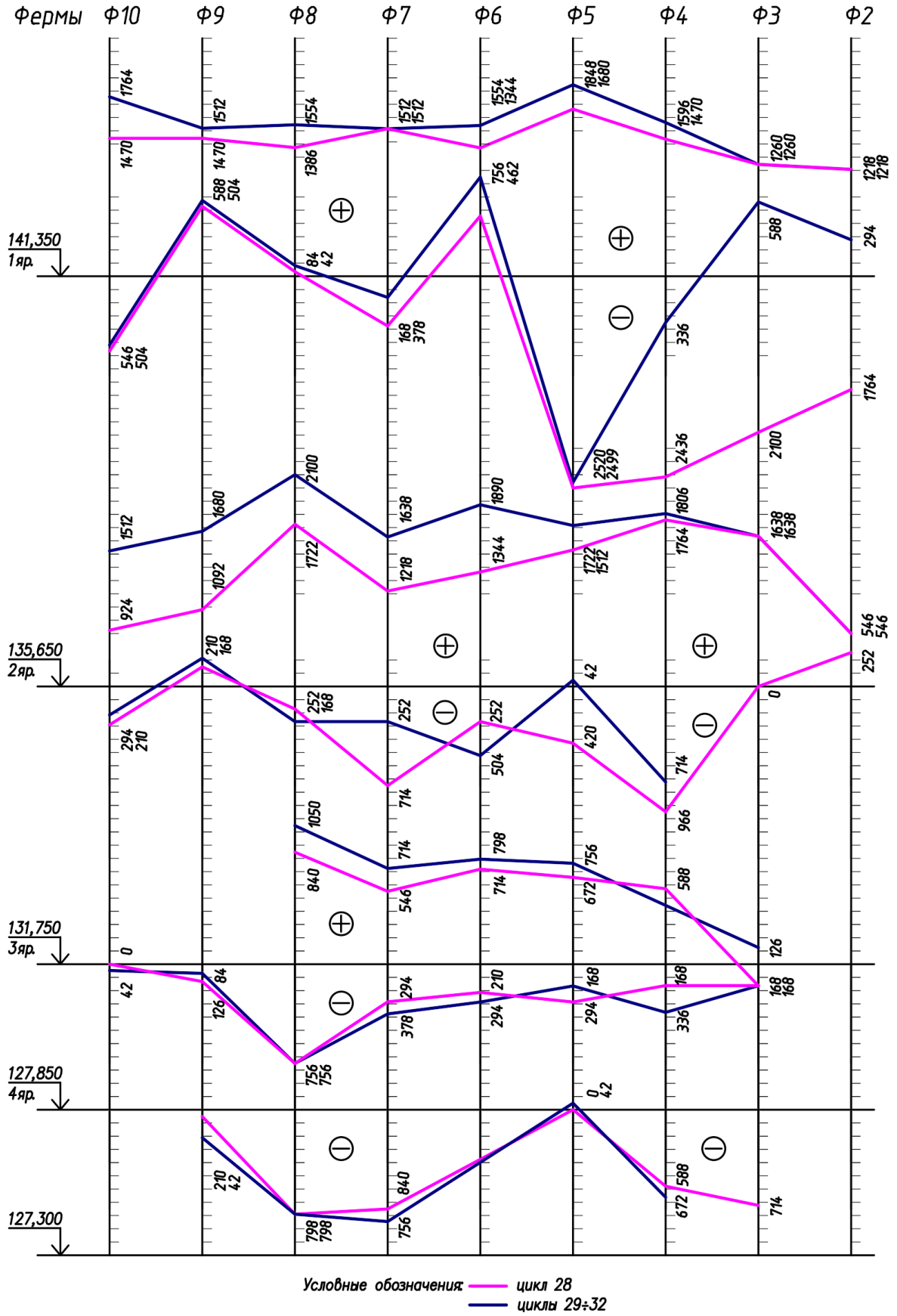


Рисунок 17 – Эпюры средних максимальных напряжений в элементах ферм (циклы 28 ÷ 32)

На рис. 18 представлена динамика увеличения максимальных напряжений в элементах всех распорных ферм за весь период мониторинга, включающий установку ферм по ярусам, установку перекрытий, удаление под установленными перекрытиями грунта и, в конечных циклах, удаление самих элементов распорных ферм.

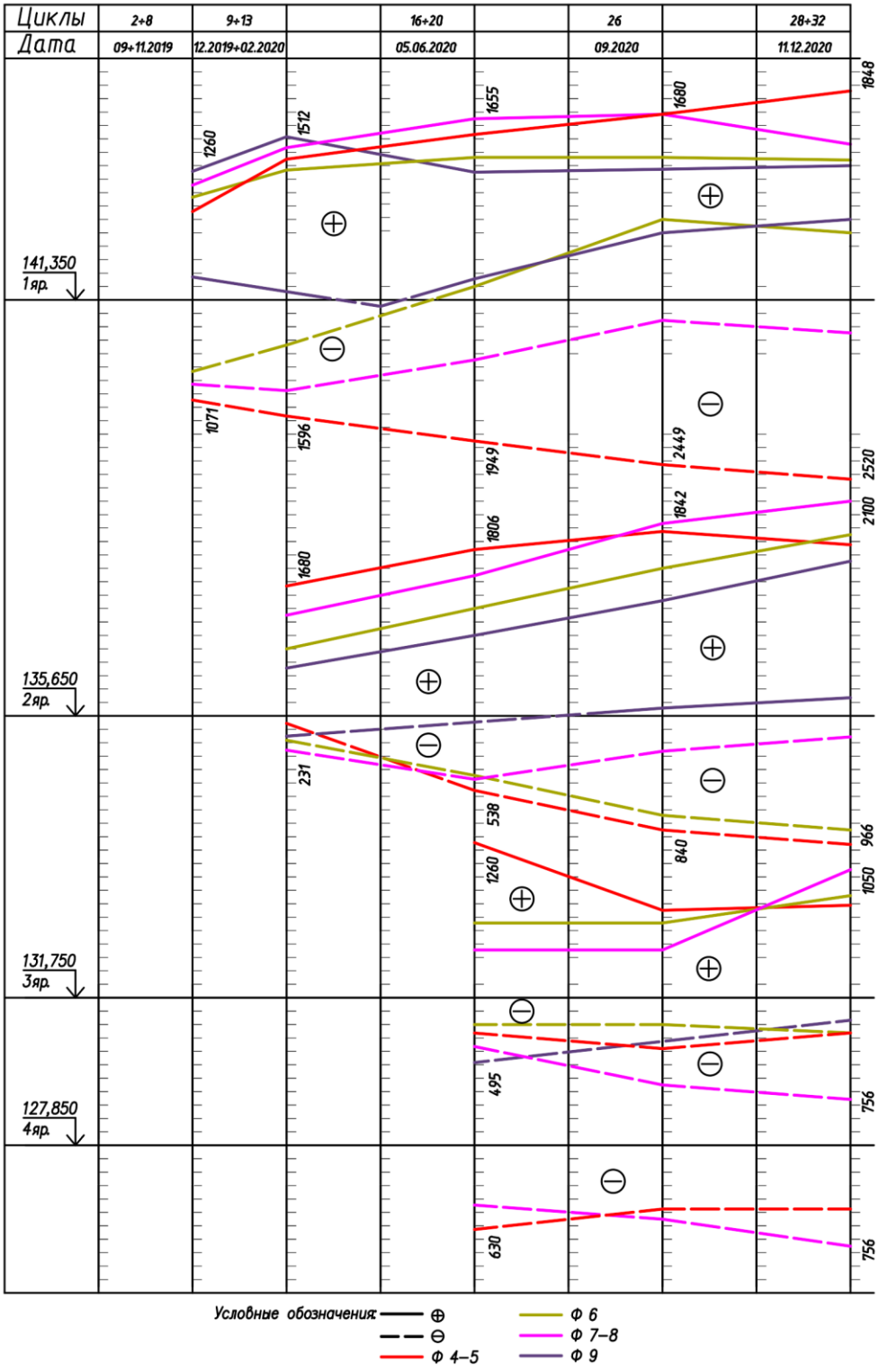


Рисунок 18 – Динамика увеличения максимальных напряжений в элементах ферм за весь период мониторинга

На графиках видно, что была зафиксирована нештатная ситуация – превышение расчетного сопротивления материала, из которого изготовлены элементы распорных ферм. Это произошло из-за того, что перед проведением измерений цикла 11 монтажная организация удалила два грунтовых «целика» с уровня самой нижней отметки разработки котлована (+122.300) до перекрытия 4-го яруса на отметке +127.850, что привело к резкому увеличению сжимающих напряжений в верхних поясах распорных ферм на первом ярусе. Для предотвращения дальнейшего увеличения напряжений было принято решение о монтаже подкосов или подпорных стоек на тех же отметках в середине пролета фермы Ф5.

Выводы

1. При выполнении мониторинга уникального сооружения – здания высотной гостиницы у Курского вокзала в г. Москве – была использована весьма эффективная методика, разработанная ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, для определения напряженно-деформированного состояния конструкций.

2. Принятая для проведения измерений система регистрации напряжений в элементах покрытия с помощью механического тензометра со съемным деформометром является наиболее надежной по сравнению с использованием электромеханических или электронных систем измерений.

3. Предложенная апробированная методика позволяет:

- определять деформации (напряжения) в элементах конструкций от фактических нагрузок в период мониторинга;
- учитывать влияние температурных поправок при измерении напряжений элементов конструкций.

4. Вовремя зафиксированная нештатная ситуация позволила своевременно принять меры по ее устранению и не привести к аварийному техническому состоянию (не обеспечению несущей способности элементов распорных ферм котлована строящегося здания у Курского вокзала в г. Москве**.**

5. Использование предложенной методики мониторинга НДС конструкций подтвердило значимость его проведения для обеспечения безопасности в период строительства и монтажа уникальных зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31937- 2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗФ, статья 47 (гл.6, ст.48.1 «Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты»)
3. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», статья 15
4. Микулин В.Б., Одесский П.Д., Оспенников А.Г., Отставнов В.А., Попов Н.А., Ханджи А.В., Фарфель М.И. и др. Покрытие Большой спортивной арены стадиона «Лужники» (проектирование, научные исследования и строительство) [Текст] // М. «Фортэ», 1998, 144 стр.
5. Фарфель М.И., Гукова М.И., Коняшин Д.Ю., Кущенко А.Е., Любарцев А.В. Особенности реконструкции Большой спортивной арены стадиона «Лужники» к Чемпионату мира по футболу в 2018 году // Вестник НИЦ Строительство. Исследования по теории сооружений. [Текст] Сб. статей 2017. № 14. С. 74-92
6. Ведяков И.И., Фарфель М.И. Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции большой спортивной арены «Лужники» в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году // Вестник НИЦ Строительство. Исследования по теории сооружений. [Текст] Сб. статей 2019. № 3. С. 27-41
7. Фарфель М.И., Гукова М.И., Кондрашов Д.В., Коняшин Д.Ю. Апробированная методика проведения мониторинга в зданиях и сооружениях // Вестник НИЦ Строительство. Исследования по теории сооружений. [Текст] Сб. статей 2021. № 1[28]. С. 110-123

УДК 693.56

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЧАРНЫХ СВОДОВ ПОКРЫТИЯ АВТОБУСНОГО ПАРКА №6 В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Шеховцов Алексей Сергеевич [1], к.т.н., директор
e-mail: a.shekhovtsov@gip.su
Пучкова Нина Александровна [2], ведущий инженер-конструктор
e-mail: n.a.puchkova@gip.su
[1, 2] ООО «ЦЭИПСК», г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются результаты обследования технического состояния железобетонных сборно-монолитных бочарных сводов покрытия здания автобусного парка. Представлены результаты полевых инструментальных исследований. Описаны способ моделирования бочарных сводов в ПК «SCAD» и допущения, принятые при создании расчетной схемы. Представлены результаты поверочных расчетов, обосновывающие зафиксированные повреждения в элементах бочарных сводов.

Ключевые слова: обследование зданий; бочарные своды; железобетонные оболочки; оболочки положительной Гауссовой кривизны; предварительное напряжение; большепролетные конструкции; ползучесть бетона; метод конечных элементов; поверочные расчеты.

RESULTS OF BARREL-VAULT SHELLS INSPECTION AT BUS PARK NO. 6 IN ST. PETERSBURG

Shekhovtsov Alexey Sergeevich [1], PhD (Eng), director
e-mail: a.shekhovtsov@gip.su
Puchkova Nina Alexandrovna [2], leading design engineer
e-mail: n.a.puchkova@gip.su
[1,2] «CPSK» LLC, Saint-Petersburg

ABSTRACT

The article discusses the results of inspection of the technical condition of reinforced concrete precast-monolithic barrel-vault shells of the bus park. The results of instrumental studies are presented. The method of modeling barrel-vault shells in software package «SCAD» and the assumptions adopted when creating the design

scheme are described. The results of verification calculations, recorded damage in the elements of barrel vaults are presented.

Keywords: inspection of buildings; barrel-vault shell; reinforced concrete shells; shells of positive Gaussian curvature; prestressing; large-span structures; creep of concrete; finite element method; verification calculations.

Главный корпус автобусного парка – здание для стоянки, ремонта и обслуживания автобусов. Подобные объекты проектируются с учетом требований о минимизации вертикальных опорных конструкций и перекрываются большепролетными конструкциями, в случае рассматриваемого объекта – железобетонными бочарными сводами (рис. 1).

Рисунок 1 – Общий вид здания автобусного парка №6 в Санкт-Петербурге

Конструктивная система – каркасная, несущие конструкции покрытия опираются на железобетонные колонны. Геометрическая неизменяемость здания обеспечена жестким диском покрытия и жестким сопряжением фундаментов с колоннами.

Здание было построено в 1971 году по проекту известного специалиста в области большепролетных железобетонных конструкций - Анатолия Владимировича Шапиро.

Покрытие главного корпуса выполнено в виде двенадцати сборно-монолитных сводов (см. рис. 2). Каждый свод имеет пролет 96,0 м и ширину 12,0 м. Предусмотрен один деформационный шов, разделяющий здание пополам.

Рисунок 2 – Общий вид конструкций покрытия

Бочарный свод – это оболочка двоякой положительной Гауссовой кривизны. В продольном направлении стрела подъема F_1 составляет 9,6 м, в поперечном – 8,7 м. Геометрическая схема бочарного свода представлена на рис. 3.

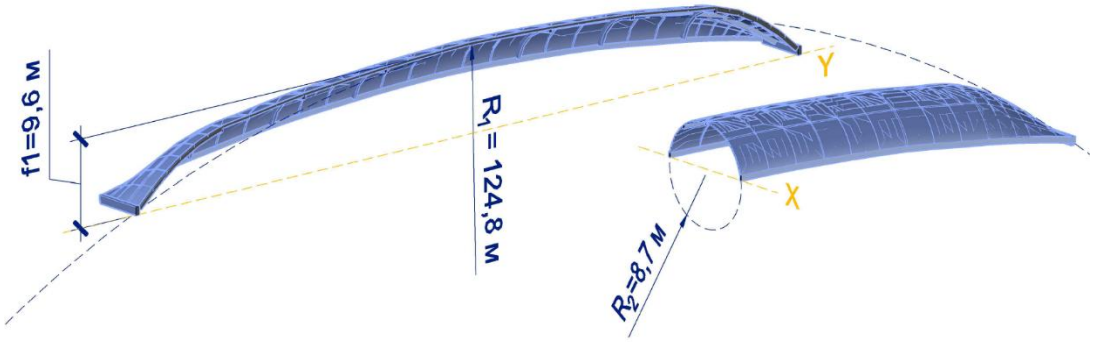


Рисунок 3 – Геометрическая схема бочарного свода

Опорные зоны выполнены по коноидальной поверхности. Эта поверхность обеспечивает плавный переход от кругового поперечного сечения к прямой линии.

На рис. 4 показаны две смежные оболочки, имеющие общий предварительно напряженный бортовой элемент (обозначен красным), общую предварительно напряженную затяжку (обозначена синим) и общие колонны (обозначены зеленым).

Каждый свод покрытия в температурном блоке связан между собой в многоволновую систему конструктивным решением по сопряжению поперечных диафрагм.

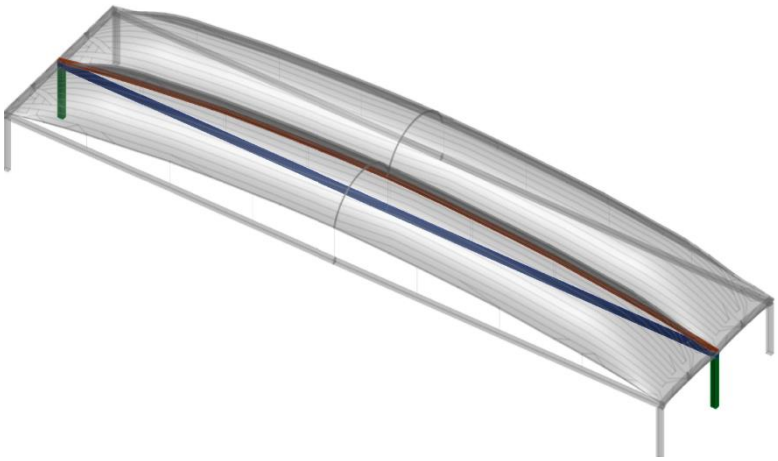


Рисунок 4 – Схема общих элементов двух смежных бочарных сводов

Элементами бочарного свода являются сборно-монолитные криволинейные ребристые плиты с размерами в плане 12,3х3,2 м, опирающиеся на систему ребер – в каждом поперечном сечении по четыре плиты. Толщина полки (далее по тексту – «скорлупы») составляет 40 мм.

Для опирания сборных плит предусмотрены следующие конструктивные элементы, представленные на рис. 5: сборные преднапряженные опорные ребра (обозначены красным) и продольные средние ребра (обозначены желтым) имеют сечение тавров, как показано на рис. 6, на полки которых укладываются плиты; сборные преднапряженные диафрагмы (обозначены синим). В одном своде имеется семь диафрагм с шагом 12,0 м. По торцам также предусмотрены торцевые опорные ребра пролетом 12,0 м (обозначены зеленым).

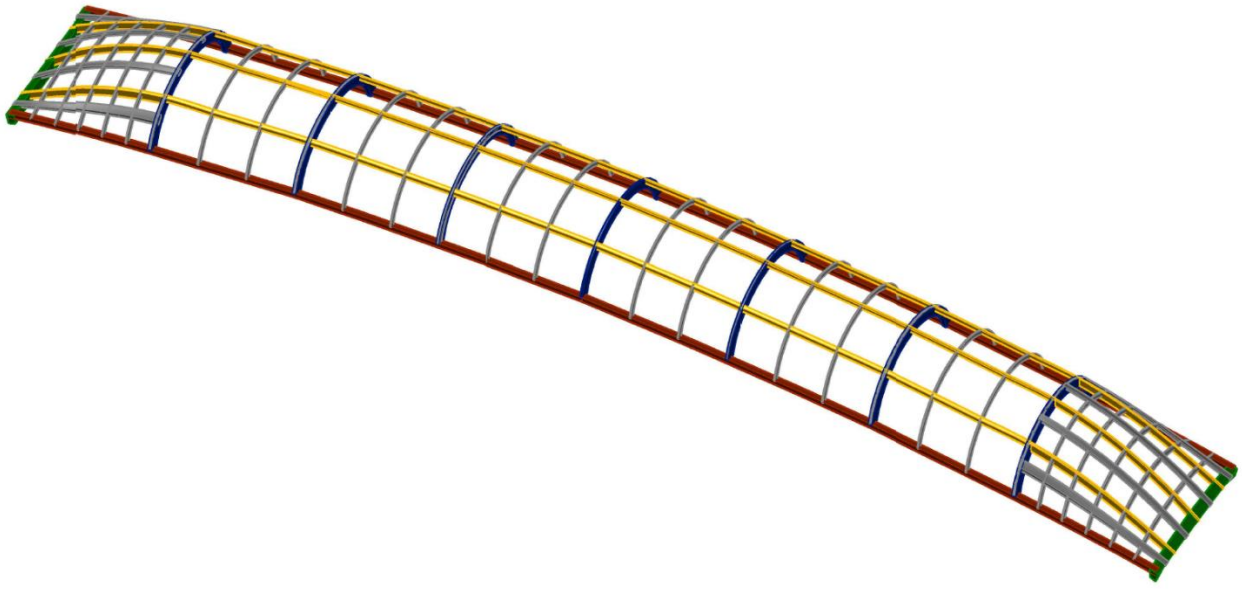
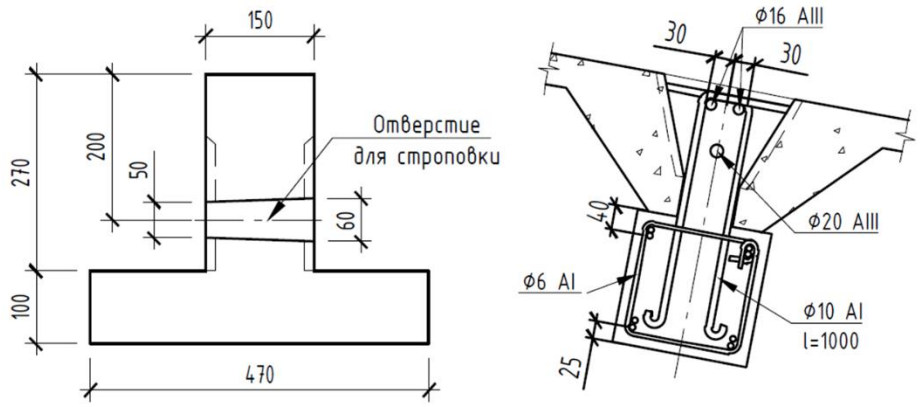


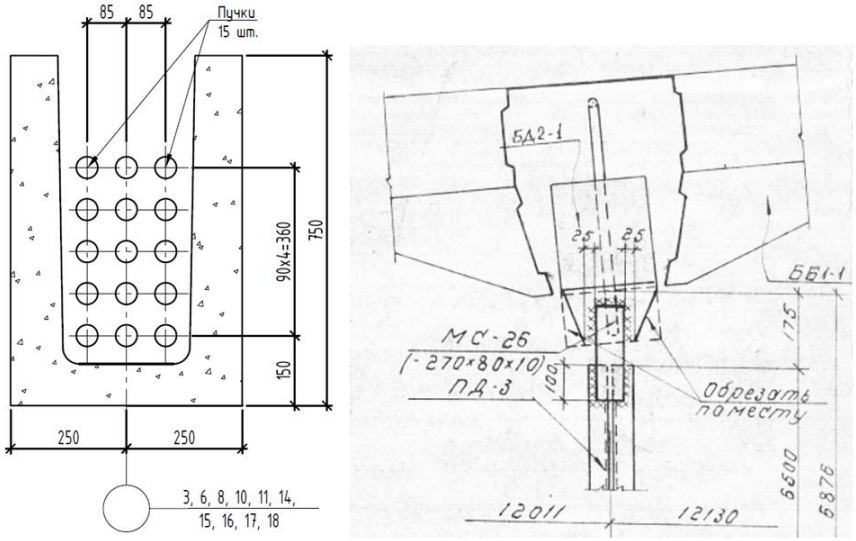
Рисунок 5 – Схема ребер бочарного свода в цветовой интерпретации



а) **б)**

Рисунок 6 – Поперечные сечения ребер бочарного свода: а) опорное ребро; б) продольное среднее ребро

Для восприятия распора служат сборные железобетонные преднапряженные затяжки. На рис. 7 (а) представлено поперечное сечение затяжки. В сечении это сборный лоток, в котором размещены пучки напрягаемой арматуры. Подвески, узел крепления которых показан на рис. 7 (б), выполнены из стальных уголков с шагом 12,0 м.



а) **б)**

Рисунок 7 – Графическое отображение затяжек и подвесок: а) поперечное сечение затяжки; б) узел крепления подвески к опорному ребру

Обследование технического состояния конструкций покрытия было инициировано в связи с длительной (50 лет) эксплуатацией здания без капитального ремонта и необходимостью сбора исходных данных для его проведения, выявлением различных дефектов и повреждений.

Заказчиком была поставлена задача выполнить анализ результатов ранее выполненных обследований, оценить действительное техническое состояние несущих конструкций и подготовить рекомендации по дальнейшей безаварийной эксплуатации.

Условия эксплуатации конструкций объекта можно считать неблагоприятными: повышенная влажность в обширных зонах моек, воздействия агрессивных для железобетонных конструкций веществ – нефтепродуктов, выхлопных газов, ускоряющих коррозию бетона и арматуры. При этом должный эксплуатационный уход за конструкциями долгие годы не обеспечивался.

Усложняющими факторами при обследовании являлись:

− необходимость обследования бочарных сводов с применением автоподъемника;

− общая сильная загазованность производственного корпуса из-за отсутствия систем вентиляции, что значительно сокращало возможность нормальной работы людей на объекте;

− поверхность бетона была покрыта слоем копоти, что усложняло выявление трещин. Для их освидетельствования выполнялась расчистка поверхности.

В программу работ по обследованию в том числе включалось:

− детальное визуальное освидетельствование 100% внутренней поверхности сводов;

− сканирование железобетонных конструкций для контроля параметров армирования радиочастотным и магнитным методами;

− геодезические измерения деформаций конструкций при помощи тахеометра;

− трехмерное лазерное сканирование поверхности;

− оценка прочности бетона неразрушающими методами контроля (проектная прочность бетона на участках без дефектов и повреждений подтверждена);

− ультразвуковой контроль качества сварных швов крепления подвесов к затяжке;

- поверочные расчеты.

На основании трехмерного лазерного сканирования зафиксировано, что прогибы по скорлупе оболочки составили до 21,0 см, что не превышает предельно допустимых значений. На рис. 8 представлены результаты лазерного сканирования оболочек.

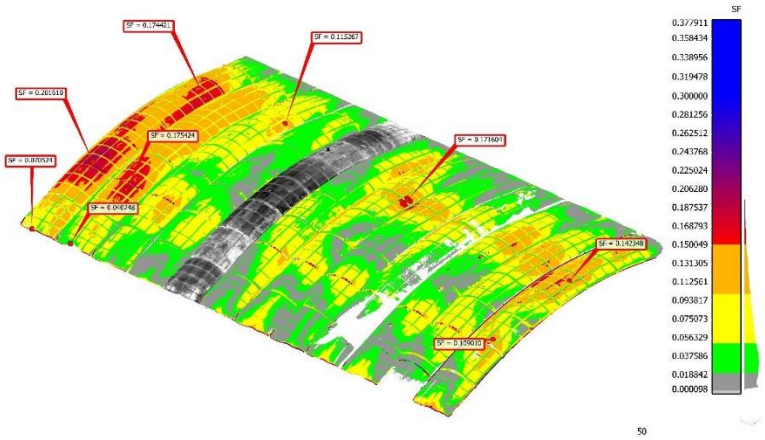


Рисунок 8 – Результаты трехмерного лазерного сканирования оболочек

Общей тенденцией для всех преднапряженных затяжек является обратный выгиб на величину от 13,0 до 22,0 см. Общая тенденция по колоннам под оболочками заключается в отклонении от вертикали в сторону пролета оболочки. Максимальное отклонение – 33,0 мм, что не превышает предельно допускаемых значений.

В результате работ по обследованию были выявлены следующие дефекты и повреждения в конструктивных элементах конструкций покрытия:

- подтверждены выявленные при предыдущих обследованиях и зафиксированы вновь появившиеся нормальные силовые трещины в скорлупе - шириной раскрытия до 0,9 мм, поперечных ребрах, диафрагмах шириной раскрытия до 0,4 мм (см. рис. 9, 10).

Рисунок 9 – Массовые трещины в скорлупе с шириной раскрытия до 0,9 мм

Рисунок 10 – Фотофиксация нормальных трещин в диафрагмах и поперечных ребрах

- многочисленные трещины вдоль арматурных стержней в связи с коррозией арматуры элементов;

- деструкция защитного слоя бетона, сколы ребер с оголением и коррозией арматуры – повреждения, которые возникли из-за постоянных массовых протечек кровли;

- непровары и существенная коррозия элементов подвесов в узлах сопряжения с закладными деталями продольных ребер и затяжек;

- массовые механические повреждения в виде сквозных отверстий от крепления нового утеплителя мембранной кровли, локально перебита арматура скорлупы;

- следы копоти на поверхности бетона. Светоаэрационные фонари и система вентиляции не функционируют.

На рис. 11 представлен фрагмент картограммы дефектов и повреждений бочарных сводов.

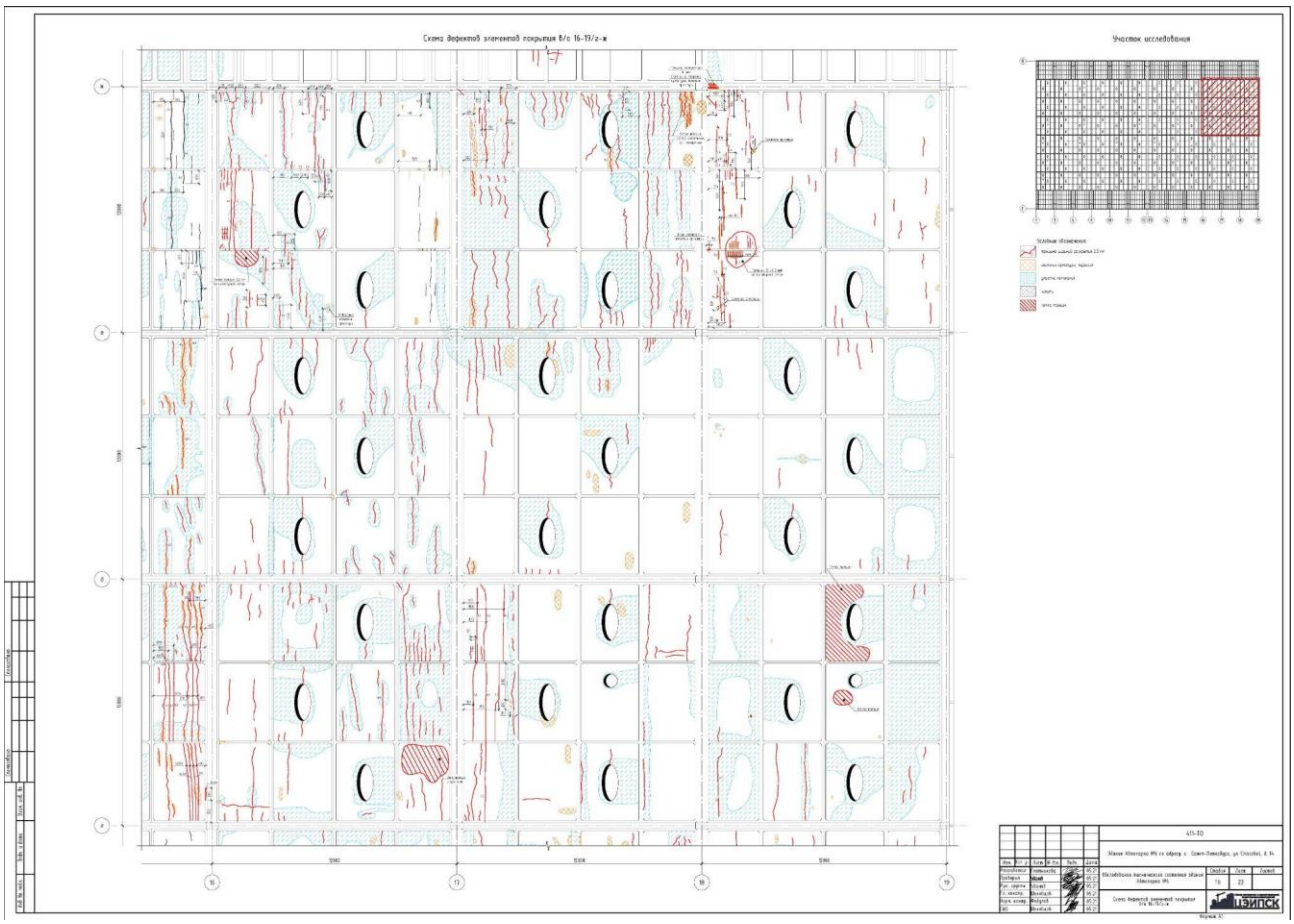


Рисунок 11 – Фрагмент картограммы дефектов и повреждений бочарных сводов

Расчеты бочарных сводов производились в программном комплексе «SCAD». Скорлупа оболочки моделировалась оболочечными конечными элементами. Ребра оболочек, затяжки, подвески и колонны моделировались стержневыми элементами, как показано на рис. 12.

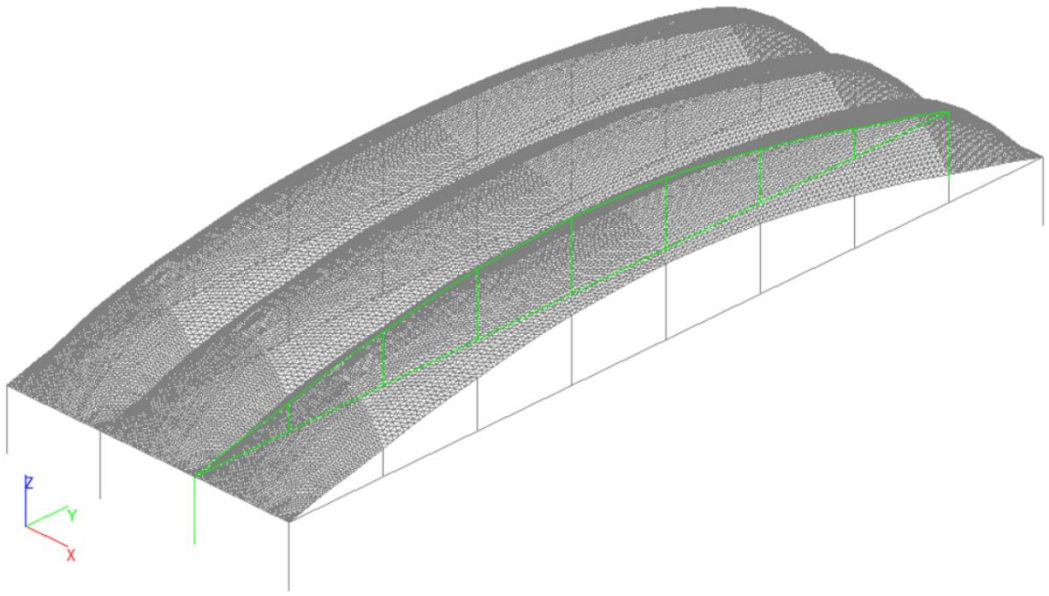


Рисунок 12 – Аксонометрический вид расчетной схемы

Конструкции были рассчитаны по двум типам расчетных схем:

− первый тип: ребра оболочек моделируются в виде таврового поперечного сечения, эксцентриситет примыкания ребер к оболочкам не учитывается;

− второй тип: ребра оболочек моделируются в виде прямоугольного сечения, эксцентриситет примыкания ребер к оболочкам учитывается путем введения жестких вставок.

При расчете конструкций оболочек приняты следующие допущения:

− полка плит сводов заменяется срединной поверхностью;

− моделируется три волны покрытия;

− влияние соседних оболочек учитывается следующими граничными условиями, как показано на рис. 13: запрет линейного перемещения вдоль оси *Y*, запрет углового смещения относительно оси *X*;

− условие закрепления колонн в фундаменты – жесткое;

− опирание бочарных сводов на колонны – шарнирное.

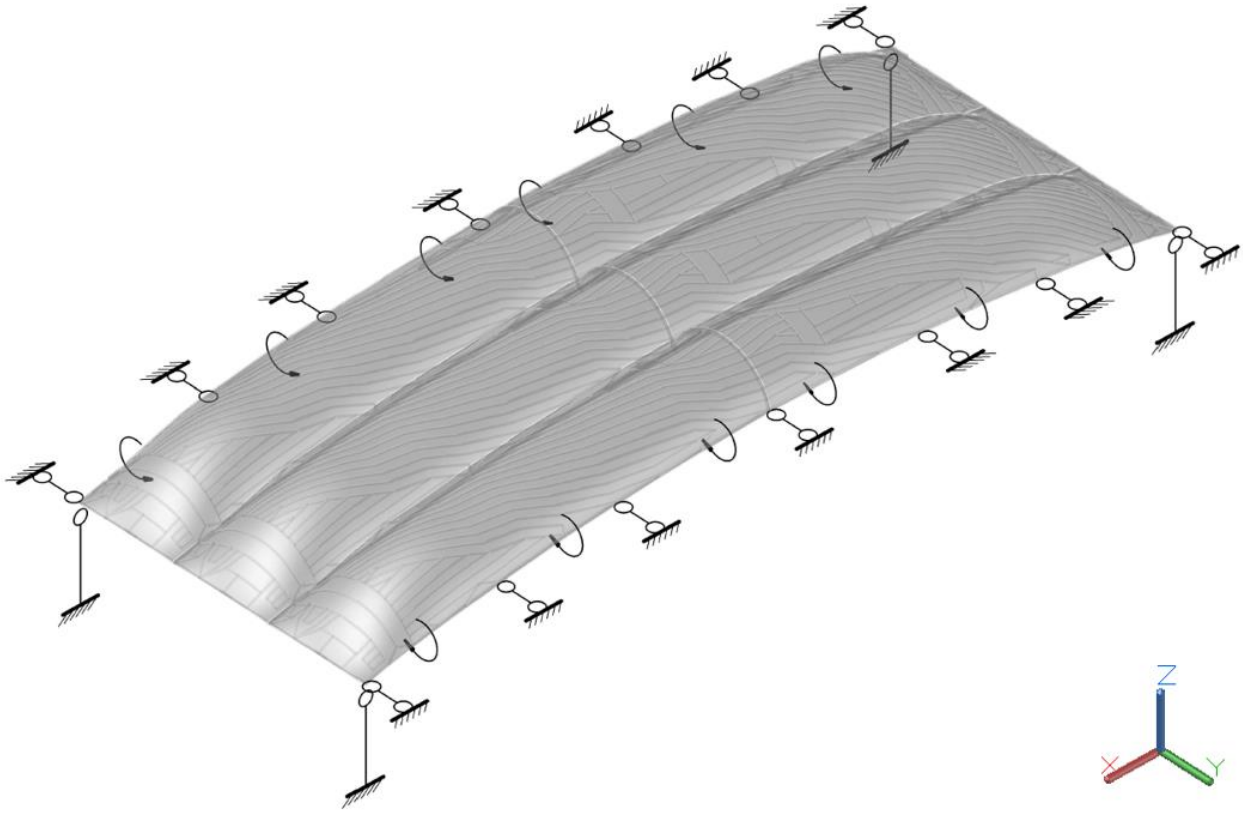


Рисунок 13 – Граничные условия расчетной схемы

Для задания модуля упругости скорлупы была рассчитана приведенная жесткость оболочки в разных зонах. Модуль упругости ребер принят с учетом понижения жесткости за счет ползучести [4].

Учет предварительного натяжения производился по двум вариантам: первый вариант – путем задания температурной нагрузки на стержни-затяжки [5]; второй вариант – путем задания усилия натяжения, равного сумме сил горизонтальной реакции распора в затяжке от полной расчетной нагрузки и усилия натяжения арматуры.

Снеговые нагрузки рассмотрены в двух комбинациях загружения:

− первая комбинация – равномерно-распределенная расчетная нагрузка по всей площади покрытия для третьего снегового района [6];

− вторая комбинация – принята на основании испытаний в аэродинамической трубе, проведенных на аналогичном по конструктивным особенностям здании [7]. Процесс испытания представлен на рис. 14.

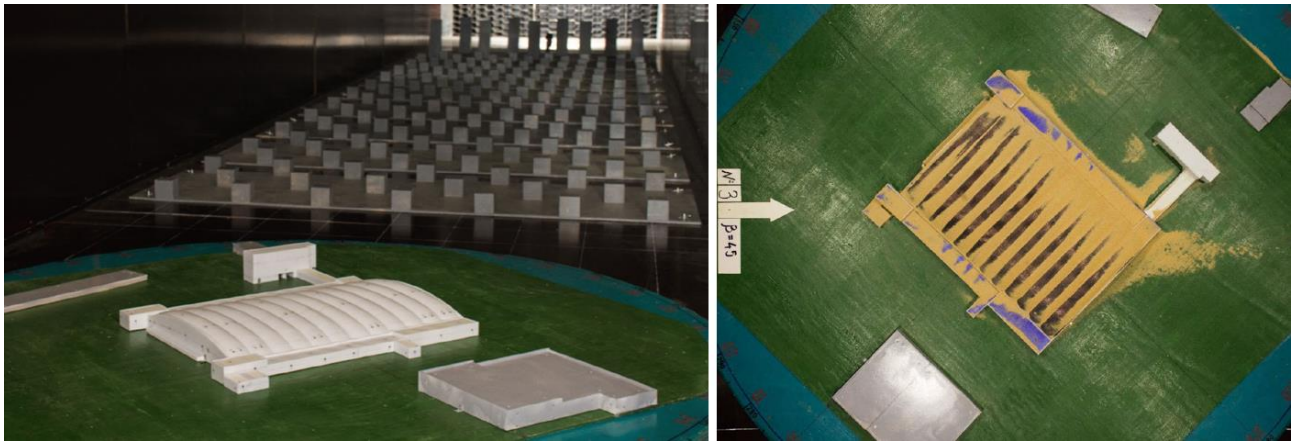


Рисунок 14 – Испытание в аэродинамической трубе на объекте-аналоге

Учет наиболее неблагоприятного положения снеговых мешков принят согласно варианту с коэффициентом формы μ, равным 3,0. Распределение снеговых мешков представлено на рис. 15.

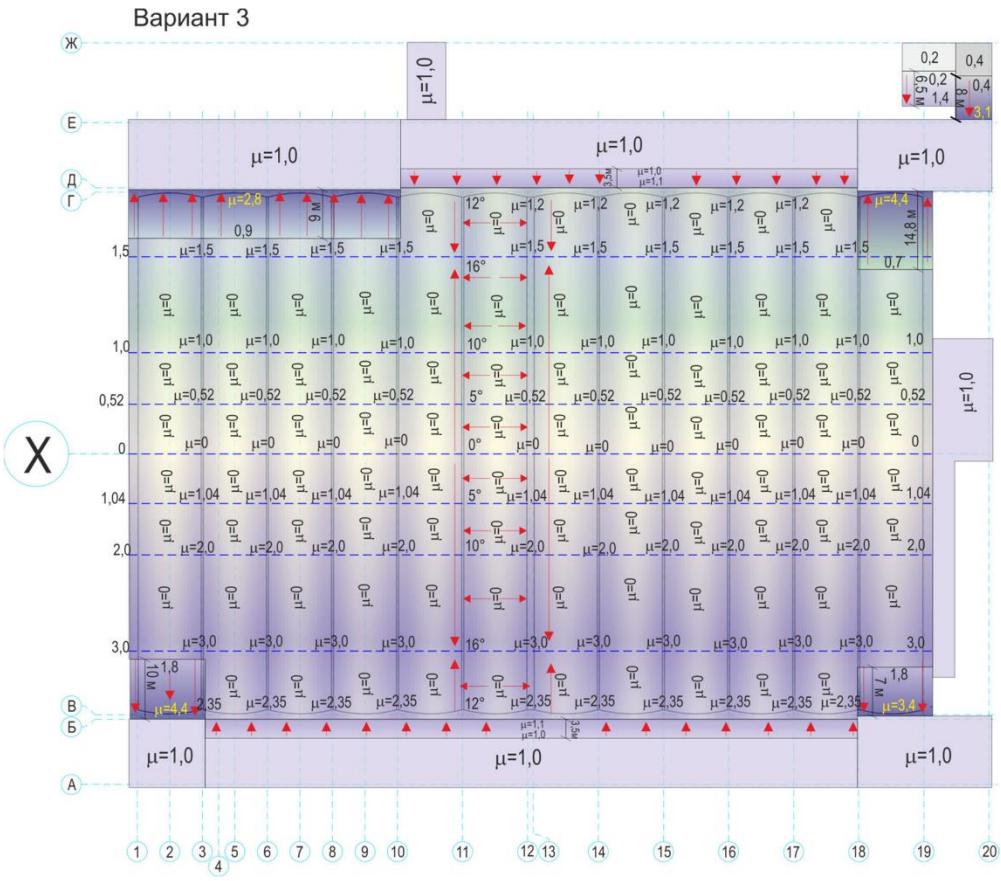


Рисунок 15 – Вариант наиболее неблагоприятного положения снеговых мешков по результатам испытания в аэродинамической трубе

По результатам расчета установлено, что несущая способность поперечных диафрагм и поперечных ребер сборных плит на действие полной расчетной нагрузки без учета снеговых мешков по первой группе предельных состояний не обеспечена. Данный перегруз привел к перераспределению усилий в недогруженное поле оболочки, что и привело к образованию трещин в скорлупе. На рис. 16 представлена эпюра изгибающих моментов в диафрагмах бочарного свода. Установлено, что растяжение расположено в следующих зонах: в верхней зоне ребра в пролете, в нижних зонах в средней трети пролета и в приопорных участках.

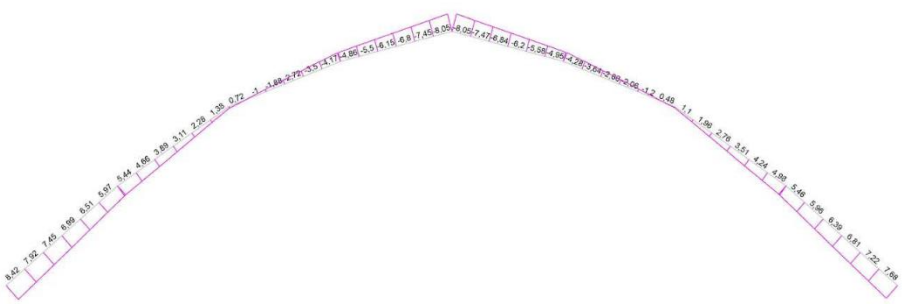


Рисунок 16 – Эпюра изгибающих моментов в диафрагмах

Возвращаясь к выявленным трещинам, представленным на рис. 11 выше, установлено, что в поперечных ребрах и диафрагмах имеются нормальные трещины силового характера с шириной раскрытия 0,1-0,4 мм. Расположение трещин в нижней зоне соответствует положению растянутых зон согласно эпюре моментов на рис. 16. Фиксация трещин в верхней зоне не представлялась возможной из-за запрета на вскрытие кровельного ковра при обследовании.

В подавляющем большинстве случаев максимальное количество трещин зафиксировано в первой и четвертой плитах одного свода в поперечном направлении согласно рис. 11.

Несущая способность остальных элементов бочарного свода (затяжек, продольных ребер, скорлупы оболочки, колонн, подвесов) на действие полной расчетной нагрузки без снеговых мешков обеспечена.

На рис. 17 представлены изополя главных растягивающих и сжимающих и касательных напряжений в скорлупе оболочки. В средней зоне напряжения распределены равномерно: максимальные сжимающие усилия расположены в центре пролета, изгибающие моменты минимальны. Ближе к краям напряжения распределены неравномерно [8].

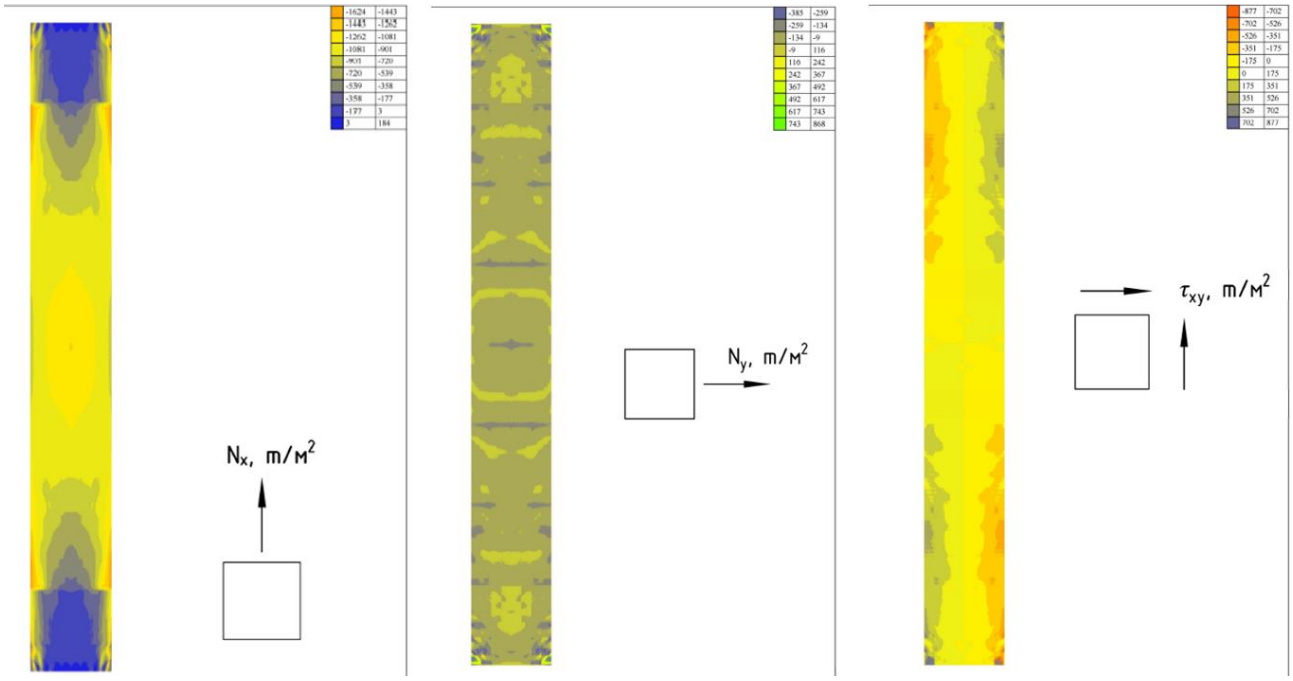
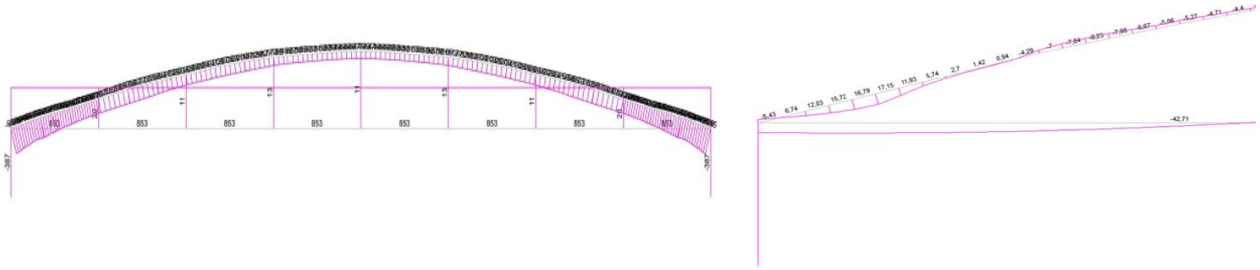


Рисунок 17 – Изополя главных растягивающих и сжимающих и касательных напряжений в скорлупе оболочки

Характерно для опорных ребер выглядит распределение продольных усилий и изгибающего момента, представленных на рис. 18 (а) и 18 (б). Сжимающие напряжения от максимума на опоре постепенно уменьшаются к пролету.

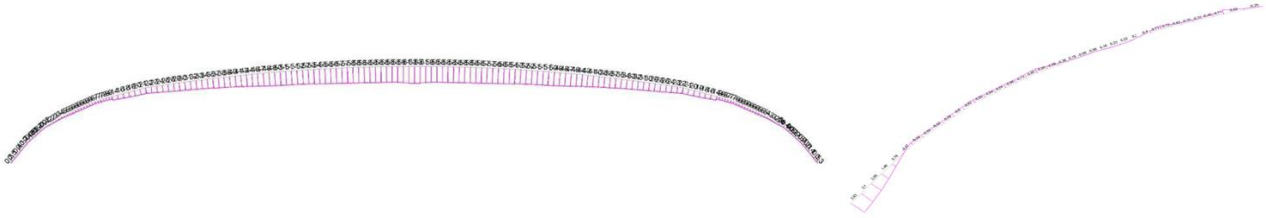
Распределение изгибающих моментов также характерно: в краевых зонах возникает скачок моментов, затем перегиб и плавный переход в почти безмоментное состояние, что согласуется с распределением напряжений в скорлупе [8]. По результатам расчета коэффициент использования составил 0,987, ребро находится на пределе несущей способности.



а) **б)**

Рисунок 18 – Распределение продольных усилий и изгибающего момента в опорном ребре: а) эпюра продольных сил; б) эпюра изгибающих моментов

Характерны также распределения усилий в среднем ребре, изображенные на рис. 19 (а) и 19 (б). Как и в скорлупе, в срединной зоне возникает максимальное сжатие и минимальный момент. В краевых, наоборот, всплеск изгибающего момента и минимальное сжатие [8].



а) **б)**

Рисунок 19 – Распределение продольных усилий и изгибающего момента в среднем продольном ребре: а) эпюра продольных сил;
б) эпюра изгибающих моментов

На основании выполненного обследования и произведенных поверочных расчетов сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. Ранее выявленные повреждения подтверждены.

2. Зафиксированы вновь появившиеся трещины в оболочках, ребрах. Трещины в диафрагмах и поперечных ребрах имеют силовой характер и подтверждены расчетом.

3. Трещины и повреждения прочих элементов носят коррозионный и механический характер.

4. Категория технического состояния покрытия – ограниченно-работоспособная.

5. Первоочередными рекомендациями являются ведение мониторинга за развитием деформаций и повреждений конструкций покрытия и уборка снеговых мешков.

6. Проектом капитального ремонта предусмотреть ремонт существующих трещин и повреждений, проведение антикоррозионных мероприятий, усиление перегруженных элементов с учетом возросших нормативных снеговых нагрузок, в том числе с учетом образования мешков, а также дополнительных проектных нагрузок от инженерных сетей.

7. Восстановить систему вентиляции.

8. Разработать и соблюдать регламент эксплуатации строительных конструкций здания, в том числе конструкций покрытия с учетом их фактической уникальности и проводимых в здании технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по теме: Комплексное обследование большепролетного пространственного покрытия главного корпуса ЛПОПАТ №6. Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Шоршнев Г. Н. Л., 1991.
2. Заключение о техническом состоянии строительных конструкций покрытий бочарных сводов пролетом 96 м и пристроек главного корпуса автобусного парка №6 (г. Санкт-Петербург). Учреждение науки ИКЦ СЭКТ. СПб, 2007.
3. Техническое обследование несущих конструкций покрытия и элементов бочарного свода главного производственного корпуса автобусного парка №6. Том 12.1. Шифр: 122-012-200-1-ТО. ООО «Испытательного Центра «Стройэксперт». СПб, 2012.
4. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2018.
5. СП 52-102-2004 Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2004.
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2016.
7. Отчет о научно-исследовательской работе и рекомендациям по назначению расчетных снеговых и ветровых нагрузок, действующих на несущие и ограждающие конструкции объекта. Реконструкция и организация эксплуатации и технического обслуживания подвижного состава, работающего на альтернативном топливе, в Автобусном парке №5, г. Санкт-Петербург, пр. Стачек, д. 108». Научно-исследовательская и проектно-строительная фирма «Уникон». Кемерово, 2021.
8. Виноградов Г. Г. Расчет строительных пространственных конструкций. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990.

УДК 691.32

О ДОВЕРИИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ БЕТОНА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ

Штенгель Вячеслав Гедалиевич, к.т.н., ведущий научный сотрудник
e-mail: ShtengelV@mail.ru
АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье приведены основные трудности проведения полевых инструментальных обследований бетона конструкций эксплуатируемых сооружений с применением наиболее широко используемых методов неразрушающего контроля (МНК) бетона, влияющих на достоверность получаемой информации.

Ключевые слова: инструментальные обследования; бетон; эксплуатируемые сооружения; методы неразрушающего контроля; первичная информация.

BY THE CONFIDENCE IN THE RESULTS OF FIELD INSTRUMENTAL SURVEYS OF CONCRETE OF OPERATED STRUCTURES

Shtengel Vyacheslav Gedalievich, Ph.D., Leading Researcher
e-mail: ShtengelV@mail.ru
JSC «VNIIG im. B.E. Vedeneev», St. Petersburg

ABSTRACT

The article presents the main difficulties in carrying out field instrumental surveys of concrete of structures under operation using the most widely used methods of non-destructive testing (NDT) of concrete, which have an effect on the reliability of the received information.

Keywords: instrumental surveys; concrete; operated structures; methods of non-destructive testing; primary information.

При полевых инструментальных обследованиях бетона сооружений выделяются два основных направления: определение фактической прочности материала после долголетней эксплуатации и соответствующего воздействия общих и локальных внешних факторов и дефектоскопия конструкций.

Результаты полевых инструментальных обследований бетона являются исходным материалом для выполнения поверочных расчётов и оценки фактиче-

ского состояния эксплуатируемых сооружений и прогноза возможности и условий их дальнейшей эксплуатации. Соответственно, чем более полно и точно по этой информации будут определены характеристики материалов и конструкций, выявлены параметры дефектов и их пространственное расположение, тем более надёжно будет определено фактическое техническое состояние строительных конструкций и сооружений.

Основным видом оперативного инструментального обследования считается комплекс методов и средств неразрушающего контроля (МНК), позволяющий без физического воздействия или при щадящем воздействии на конструкцию получить косвенную информацию об отдельных параметрах материалов и конструкций, которую после определённых манипуляций можно преобразовать в фактические прочностные характеристики бетона и геометрические параметры дефектов. Если для дефектоскопии основной задачей является факт выявления дефектов при возможно оценочном определении их параметров, то фактическую прочность бетона следует определять с максимальной точностью. Большим преимуществом МНК является возможность повторных исследований в выбранных участках конструкций, что позволяет контролировать процессы изменения прочности бетона и геометрии дефектов и оперативно реагировать на них. Однако существует ряд препятствий к расширению возможностей МНК и к получению надежной достоверности результатов. Рассмотрим некоторые общие объективные и субъективные из них, в основном, касающиеся съёма первичной информации.

1. Обеспечение безопасного доступа к контролируемым конструкциям в условиях безостановочного технологического процесса, или при предоставлении Заказчиком кратковременного «окна» в технологически возможный период. Разработка и выполнение возможных не учитываемых в договоре вспомогательных зачастую дорогостоящих мероприятий (рис. 1, 2) для такого обеспечения.
2. Создание для оператора надёжной опоры для обеспечения надёжного съёма первичной информации от применяемого МНК (рис. 3).
3. Возможность подготовки необходимой площади поверхности контролируемых участков конструкции в стеснённых или труднодоступных условиях (очистка от слоёв грязи, краски, штукатурных покрытий, разрушенных слоёв, выравнивание поверхности и др.). Ограничен-

ность количества контрольных участков. Частое наличие различных покрытий поверхностей (штукатурка, гидроизоляция, краска и др.), не отражённых в проектной документации (рис. 4).

4. Использование средств МНК, не предназначенных к натурным условиям эксплуатации сооружений, в том числе по температурно-влажностным условиям полевых исследований, всех элементов аппаратуры: первичных преобразователей, электронных устройств вторичной аппаратуры, дисплеев, источников питания и др. Приборы поверяются в лабораторных условиях без учёта возможности внешних влияний на результаты измерений.
5. Внешнее фоновое воздействие на средства НК (температурно-влажностные, электромагнитные, вибрационные и др.) в натурных условиях эксплуатации контролируемых конструкций.
6. Методологические ошибки операторов НК, связанные с учётом специфики локальных долговременных условий эксплуатации и внешних воздействий на контролируемые участки конструкций.
7. Частое отсутствие возможности создания и использования корреляционных зависимостей в условиях ограниченного доступа к конструкциям и недостаточности количества участков контроля. Условность применения сходных корреляционных зависимостей для аналогичных материалов, без учёта нарушения однородности и структуры материалов по сечению конструкций при долговременном локальном воздействии внешних факторов.
8. Условная «привязка» корреляционных зависимостей косвенного информационного значения к прочности старого бетона к приведённым универсальным зависимостям для «свежего» бетона. Так, например, такие зависимости для бетона в возрасте 28 суток приведены в виде графиков непосредственно на корпусе склерометров – молотков Шмидта и в приложении ГОСТ 17624.
9. Условное допущение проектной идентичности бетона всех конструкций сооружения.
10. Частое нарушение нормативных требований контроля физико-механических характеристик бетона, как материала, в бездефектных

зонах. Любую информационную аномалию следует рассматривать как дефектный участок конструкции или как операторскую ошибку.

11. Необходимость комбинирования максимально возможного комплекса независимых инструментальных методов и средств контроля с учётом индивидуальных особенностей строительства и эксплуатации конструкций и сооружений.

Рисунок 1 - Общий вид сооружения (фундамент мощного турбоагрегата) после завершения строительства. Доступ ко всем поверхностям строительных конструкций возможен. Во время строительства доступ был возможен с системы монтажных площадок

Рисунок 2 - Фундамент мощного турбоагрегата в эксплуатационном состоянии после установки всего основного и вспомогательного оборудования и трубопроводов. Доступ к поверхностям строительных конструкций или значительно ограничен или технически не возможен

Рисунок 3 - Контроль бетона гидротехнического сооружения ультразвуковым методом с помощью верхолаза

Многие технические и методологические трудности и ограничения использования методов и средств НК и обработки полученных результатов приведены в нормативных документах, инструкциях по применению приборов в полевых условиях и специальной литературе [1-7]. Но необходимо признать, что по ряду причин многие исследователи мало обращают внимания на эти рекомендации или просто их игнорируют, а централизованный документ, концентрированно регламентирующий эти особенности применения, отсутствует. Такой документ должен быть разработан и понятен как исполнителю, так и заказчику обследований. В то же время недостаточная или ложная первичная информация может привести к неправильной оценке технического состояния конструкций или сооружений и даже, в последствие, к аварийной ситуации. К сожалению, съём первичной информации в натурных условиях сложно автоматизировать, в отличии от обработки результатов, и он с учётом подготовительных мероприятий часто занимает основное время и стоимость комплекса обследования.

Ниже приведены основные недостатки наиболее популярных полевых методов и средств НК (по субъективному мнению автора).

Таблица 1 - Недостатки наиболее популярных полевых методов и средств НК

Метод НК	*Недостатки применяемого метода и средства НК*
Механический метод отрыва со скалыванием	Локальное нарушение защитного слоя бетона. Требование предварительного поиска арматуры для минимизации её влияния на результат измерения. Влияние размеров крупного заполнителя Ровность поверхности для надёжной установки прибора перпендикулярно поверхности. Относительная трудоёмкость. Повышенное требование к надёжности опоры оператора НК. Сложность контроля потолочных поверхностей [8].
Механический метод скола ребра	Нарушение защитного слоя бетона. В контрольный участок попадают два поверхностного слоя бетона с потенциально отличающимися от ядра свойствами. Возможное влияние на результат угловой силовой арматуры и хомутов.
Механический метод упругого отскока	Фактическое определение твёрдости цементной матрицы поверхностного слоя бетона, состояние поверхностного слоя (шероховатость, выветривание, увлажнение, промасленность, наличие пленки цементного молока, состава, возможной карбонизации и т.д.). Сложность удаления поверхностного слоя в производственных условиях и, соответственно, ограничение числа контрольных участков. Необходимость постоянного контроля технического состояния приборов на металлической тест-наковальне.
Магнитный метод	Возможное влияние на настройку и использование в производственных стеснённых условиях концентраций металлоконструкций или электромагнитных полей. Технология армирования. Диаметр, глубина и шаг арматуры. Возможность получения информации только о верхнем к поверхности слое арматуры
Георадарный метод	Влияние электромагнитных полей. поиск арматуры на ровных, свободных поверхностях, требование большой площади для локализации арматуры и невозможность обнаружения арматуры близко к краю конструкции. Шаг арматуры или размеры ячеек арматурной сетки. Интенсивность экранирующего эффекта, возрастающая с уменьшением шага армирования, увеличением сечения арматуры и уменьшением толщины слоя бетона над арматурной сеткой. Наличие влажности бетона и дополнительных защитных покрытий с отличающейся от основного бетона диэлектрической проницаемостью [9].
Ультразвуковой метод	Необходимость использования только приборов с визуализацией принимаемого сигнала, чтобы не пропустить приход продольной волны. (рис. 5, 6).Технологические изменения состава бетонной смеси, нестабильность её уплотнения, изменение условий твердения, возраст, влажность бетона и др. Возможное наличие непроектного штукатурного покрытия. Расслоение и послойное изменение структуры и свойств бетона в сечении конструкций в процессе эксплуатации сооружения. Погрешность в определении базы измерения. Возможное влияние армирования. Коррекция результатов при поверхностном прозвучивании [10].

Рисунок 4 - Слой цементно-песчаной штукатурки толщиной до 25-30 мм, нанесённый на колонну из монолитного бетона. Наличие покрытия не отражено в документации и определено только при опытном вскрытии

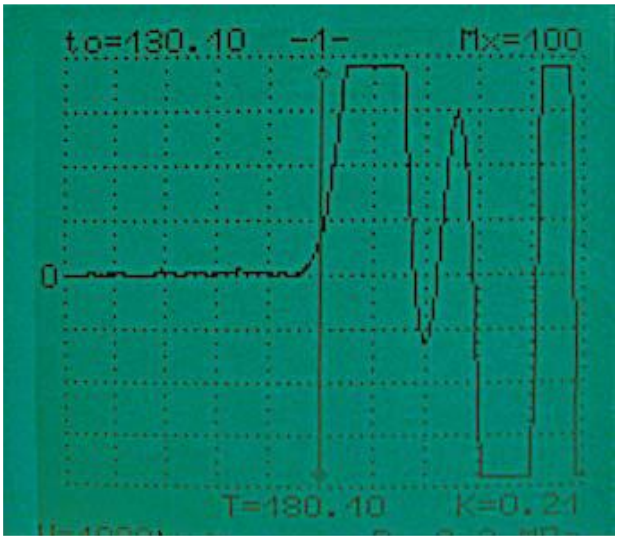


Рисунок 5 - Фото с экрана дисплея УЗ прибора «Пульсар 1.2». Корректное определение сигнала первого вступления — сигнальный маркер прибора отмечает на установленном пороге фиксации начало прихода продольной волны

Рисунок 6 - Некорректное определение сигнала первого вступления при поверхностном прозвучивании — сигнальный маркер пропускает начало прихода продольной волны. В фиксируемом сигнале преобладают составляющие поперечной и поверхностной волн над быстро затухающей продольной волной, распространяющейся в приповерхностном слое бетона от стандартного УЗ излучателя с широкой диаграммой направленности

Выводы

1. Исследования показали, что для корректной оценки прочности бетона конструкций оптимальным является комбинирование методов, дающих независимую информацию.
2. Необходимо для каждой конкретной задачи, конкретных условий эксплуатации сооружений и условий доступа к контролируемой конструкции (или к её участку) подбирать оптимальный комплекс методов и средств НК.
3. Необходимо максимально полно внести в нормативную и методическую документацию жёсткие ограничительные требования к использованию методов и средств НК, чтобы они обязательно учитывались в ходе подготовки и проведения технических обследований, в том числе, при подготовке программы исследований и информации Заказчика.
4. Рекомендуется разработать новые нормативные документы, позволяющие более эффективно использовать методы и средства НК в условиях эксплуатации сооружений.
5. В сборники базовых цен на выполнение работ по инструментальному обследованию необходимо вносить отдельным пунктом обязательный учёт проведения вспомогательных операций по обеспечению безопасного доступа к исследуемым конструкциям и по подготовке поверхности бетона, определяемыми конкретными условиями доступа.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Дата актуализации 01.01.2021
2. ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкции. – М. Стандартинформ, 2019.– 13 с. Дата актуализации 01.01.2021
3. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Технические требования. Дата актуализации 01.01.2021
4. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. М. Стандартинформ, 2010.– 11 с. Дата актуализации 01.01.2021
5. ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности (с Поправкой) Дата актуализации 01.01.2021
6. Джонс Р., Фэкэоару И. Неразрушающие методы испытания бетонов. Пер. с румынского. М.: Стройиздат. 1974

7. Несветаев Г.В., Коллеганов., А.В., Коллеганов Н.А. Особенности неразрушающего контроля прочности бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций. //Интернет журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017)
8. Улыбин А.В., Зубков С.В., Федотов С.Д. Ошибки при определении прочности бетона методом отрыва со скалыванием. Науч. труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып. 12. Новосибирск. Изд-во СГУПСа 2016 г. С. 14-19.
9. Старовойтов, А. В. Интерпретация георадиолокационных данных / А. В. Старовойтов. - М.: Издательство М ГУ, 2008
10. Кудинов В.А., Штенгель В.Г. Акустические испытания массивного бетона плотин при одностороннем доступе. //Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева.-1990.-Т.221.-С. 55-59.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XI научно-практической конференции
18-19 ноября 2021 года

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 20.12.2021. Формат 60×84/16. Печать
цифровая Усл. печ. л. 6,75. Тираж 4. Заказ 6185.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного составителями,
в типографии Издательства Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 550-40-14
Тел./факс: (812) 297-57-76.