

13. Кузин Н. Я. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий / Н. Я. Кузин, С. Г. Багдоев // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 2. – С. 79–82.
14. Мирхасанов Р. Ф. Использование металлического каркаса как преобладание формы над содержанием в объемно – пространственной композиции / Р. Ф. Мирхасанов, Л. С. Сабитов, И. Н. Гарькин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – №1 (43). – С. 61–65.
15. Лызина А. Г. Эволюция планировки бесстолпного и крестово-купольного типов православного храма XVIII – начала XX века на территории Пензенской области / А. Г. Лызина // Архитектон: известия вузов. – 2015. – № 3 (51). – С. 18.

© С. Н. Торгашина, Т. Б. Гадаборшева, И. Н. Гарькин

Ссылка для цитирования:

Торгашина С. Н., Гадаборшева Т. Б., Гарькин И. Н. Концептуальный проект реставрации основного сооружения погребального комплекса в городе Волжский Волгоградской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 4 (46). С. 69–75.

УДК 624.04; 69.07

DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-75-81

**ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЯ МЕХАНИЗМОВ И УПРАВЛЕНИЯ
В ХОДЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

С. С. Рекунов, А. А. Чураков, И. В. Федосюк

Рекунов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительная механика», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (8442) 96-98-17; e-mail: rekunoff@mail.ru;

Чураков Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции, надежность и основания сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (8442) 96-99-90; e-mail: alexei.churakov@yandex.ru;

Федосюк Игорь Викторович, магистрант, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (961) 666-58-50; e-mail: iviktorovich34@mail.ru

Рассмотрены вопросы оценки эксплуатационной надежности объектов гидротехнических сооружений. В качестве объекта исследования принято здание механизмов и управления, находящееся в эксплуатации более семидесяти лет. Поставлена задача проведения комплексного обследования здания механизмов и управления ГТС с построением численной модели в виде пространственной оболочечно-стержневой конечно-элементной системы. Приведено описание результатов обследования технического состояния конструкций здания. Показаны результаты исследования напряженно-деформированного состояния конструкций здания с учетом исходных данных, полученных после выполнения комплексного обследования.

Ключевые слова: надежность; реконструкция; гидротехнические сооружения; техническое обследование; дефекты; повреждения; поверочные расчеты; прогрессирующее обрушение.

**OPERATIONAL RELIABILITY ESTIMATION OF THE BUILDING OF MECHANISMS AND CONTROLS DURING
THE RECONSTRUCTION OF HYDRAULIC STRUCTURES**

S. S. Rekunov, A. A. Churakov, I. V. Fedosyuk

Rekunov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor the Department of Structural Mechanics, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (8442) 96-98-17; e-mail: rekunoff@mail.ru;

Churakov Aleksey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Foundations and Reliability of Structures, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (8442) 96-99-90; e-mail: alexei.churakov@yandex.ru;

Fedosyuk Igor Viktorovich, postgraduate student, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (961) 666-58-50; e-mail: iviktorovich34@mail.ru

The issues of assessing the operational reliability of hydraulic structures are considered. The building of mechanisms and controls, which has been in operation for more than seventy years, has been accepted as the object of research. The task of conducting a comprehensive survey of the building of GTS mechanisms and controls with the construction of a numerical model in the form of a spatial shell-core finite element system is set. The description of the results of the inspection of the technical condition of the building structures is given. The results of the study of the stress-strain state of building structures are shown, taking into account the initial data obtained after performing a comprehensive survey.

Keywords: reliability; reconstruction; hydraulic structures; technical inspection; defects; damage; verification calculations; progressive collapse.

Одной из важнейших задач при проведении работ по реконструкции объектов гидротехнического строительства (далее – ГТС) является оценка уровня надежности их строительных конструкций [1, 2].

В процессе эксплуатации ГТС его конструктивные элементы подвергаются воздействию различных природно-климатических факторов, изменяющихся условий и нагрузок. Все это неизбежно приводит к тому, что материал конструкций претерпевает

негативные структурные преобразования, а в конструктивных элементах появляются дефекты и повреждения. Повреждения развиваются с разной интенсивностью и могут в конечном счете вызвать разрушение этого элемента, что, в свою очередь, может привести к созданию аварийной ситуации по гидротехническому сооружению в целом [3].

Воздействие всех эксплуатационных факторов в течении длительного срока службы ГТС приводят к

снижению технического состояния и уровня безопасности. Работы по реконструкции необходимо проводить с учетом современных технических достижений, как отечественных, так и зарубежных, позволяющих обеспечить высокую надежность, безотказность ГТС, а также снизить затраты на эксплуатацию и ремонт, снижение металлоемкости, энергопотребления, создание высокоточных систем управления [4, 5].

На устоях верхней и нижней голов располагаются здания механизмов и управления Волго-Донского судоходного канала, построенные в 1952 году и отвечающие за работу ГТС в целом.

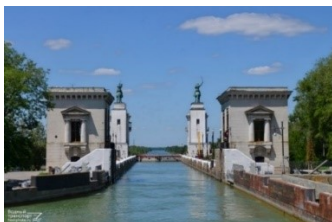


Рис. 1. Здания механизмов и управления (фото из открытых источников)

Конструктивная схема зданий – монолитный железобетонный каркас с самонесущими стенами из силикатного кирпича.

Несущий каркас выполнен из монолитных железобетонных колонн с заполнением ограждающих стен из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе. Стены и колонны изнутри оштукатурены цементно-известковым раствором и окрашены масляной краской, в некоторых помещениях облицованы керамической плиткой.

Перегородки – деревянные, оштукатурены цементно-известковым раствором и окрашены масляной краской, в некоторых помещениях облицованы керамической плиткой.

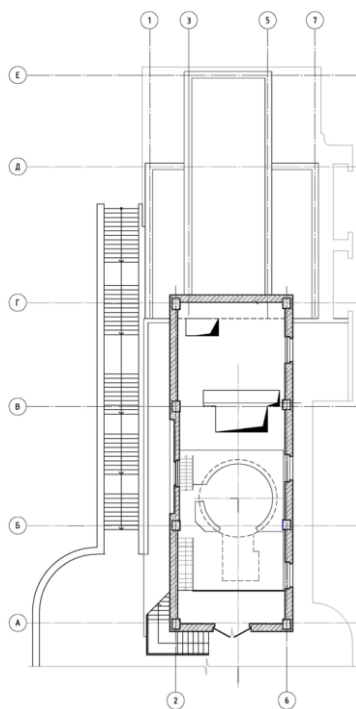


Рис. 2. План здания механизмов и управления

Перед разработкой проектной документации на реконструкцию объекта капитального строительства проводится его комплексное обследование. Основными причинами возникновения повреждений на подобных объектах ГТС являются, в первую очередь, непосредственно условия эксплуатации зданий и сооружений, попеременное замораживание и оттаивание в увлажненном состоянии, а также протечки масла от работающих механизмов (рис. 3). Согласно результатам проведенного обследования, можно сделать вывод о необходимости приведения зданий механизмов и управления в нормативное состояние.

Учитывая, что здания механизмов и управления относятся к объектам повышенного уровня ответственности, необходимо дополнительно выполнить поверочные расчеты с учетом фактического состояния конструкций, уточненного в результате технического обследования [6–11].

Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания механизмов и управления осуществлялось при помощи численного моделирования в ПК SCAD. В рамках исследования выполнялось два вида расчетов: на основные и особые сочетания нагрузок (в том числе, сейсмическую), а также на прогрессирующее обрушение. Расчет конструкций выполнен в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016, СП 63.13330.2018, СП 22.13330.2016, СП 385.1325800.2018, СП 14.13330.2018, СП 15.13330.2020, СП 52-103-2007.

Расчетная модель здания (рис. 4) представляет собой пространственную систему, отражающую геометрию сооружения и физико-механические характеристики элементов конструкции на основе применения метода конечных элементов. Элементы колонн и балки рассчитаны с применением конечного элемента КЭ5 (стержень общего вида), элементы плит перекрытия и покрытия смоделированы с применением оболочечных элементов (тип 44). Узлы опирания колонн жесткие, узлы сопряжения балок, балок и колонн – жесткие. Несущие кирпичные стены смоделированы элементами плоской оболочки с модулем упругости, вычисленным согласно СП 15.13330.2020, опирание стен на перекрытия, балок покрытия на стены – шарнирное, заданное с помощью объединения перемещений (рис. 5). Статический расчет выполнен в линейной постановке.

Подбор арматуры и проверка сечений элементов каркаса произведены сравнениями допускаемых усилий с усилиями, полученными при расчете на наиболее неблагоприятные комбинации нагрузок.

Подбор арматуры элементов каркаса производился с применением расчетного модуля SCAD. При проверке сечений в SCAD был учтен тип элемента и их жесткости.

При определении напряженно-деформированного состояния расчетной схемы использовались комбинации различных нагрузок. Результаты расчетов представлены на рисунке 6–8.

Проверка сечений железобетонных элементов каркаса и подбор арматуры произведены сравнениями допускаемых усилий с усилиями, полученными

при расчете на наиболее неблагоприятные комбинации загружений. Армирования существующих колонн достаточно для восприятия расчетных усилий $4\emptyset 20 (12,6 \text{ см}^2) \geq 10,31 \text{ см}^2$, $3\emptyset 20 (9,4 \text{ см}^2) \geq 7,7 \text{ см}^2$.

Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения осуществляется при аварийной расчетной ситуации вследствие предполагаемого начального локального разрушения, приводящего к изменению конструктивной системы [12–16].

Расчет здания механизмов и управления на прогрессирующее обрушение выполнялся в статической постановке в соответствии с СП 385.1325800.2018 с учетом аварийной ситуации, имеющей малую вероятность возникновения и небольшую продолжительность. Для расчета была использована расчетная модель здания без учета взаимодействия с грунтовым

основанием, коэффициент надежности по нагрузке принят равным $\gamma_f = 1$, коэффициент надежности по ответственности принят равным $\gamma_n = 1$. Расчет выполнен на постоянные и временные длительные нагрузки, полезные нагрузки приняты пониженными. Расчетные характеристики бетона и арматуры приняты равными их нормативным значениям.

Прочность, устойчивость и пространственная неизменяемость каркаса обеспечивается жестким сопряжением колонн с фундаментами, жесткими узлами сопряжения элементов железобетонного каркаса и горизонтальным монолитным железобетонным диском, состоящим из балок и плит перекрытия.

Для расчета на прогрессирующее обрушение была принята аварийная ситуация, вызванная выключением из работы системы следующих элементов:

- угловая колонна в осях 6/Г (рис. 9);
- рядовая колонна в осях 6/Б (рис. 10).



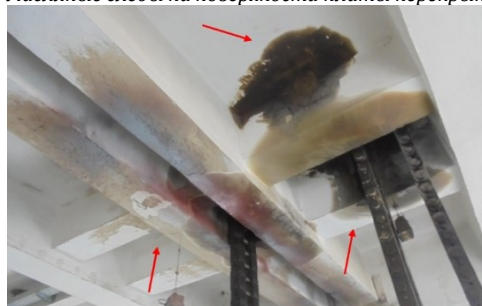
а) следы замачивания в плите перекрытия



б) масляные следы на поверхности плиты перекрытия



в) следы замачивания, разрушения защитного покрытия



г) масляные следы на поверхности балок и плиты перекрытия



д) повреждения (сколы, трещины) защитного слоя бетона колонны. Локальные повреждения защитных и отделочных покрытий



е) повреждения (сколы) защитного слоя бетона колонны. Локальные повреждения защитных и отделочных покрытий

Рис. 3. Результаты технического обследования конструкций здания механизмов и управления

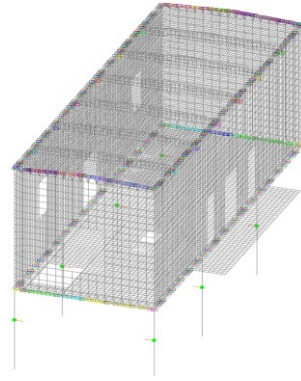
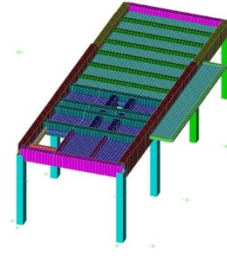
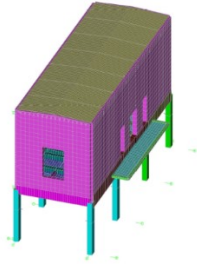
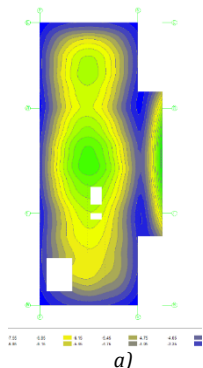


Рис. 4. Объединение перемещений узлов схемы

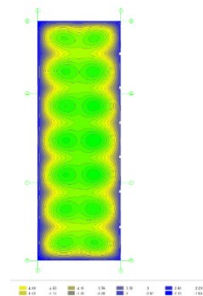


500 * 420	420 * 1200	400 * 700	200 * 200	h=0.25
600 * 420	420 * 950	250 * 500	h=0.08	h=0.07
X, Y, Z, Ux, Uy, Uz	250 * 450	200 * 400	h=0.12	
400 * 800	400 * 850	150 * 300	h=0.38	

Рис. 5. Общий вид расчетной схемы

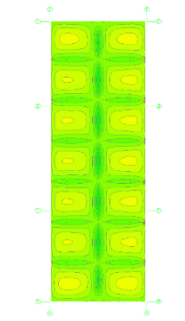


а)

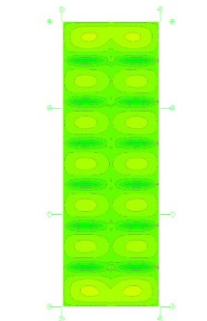


б)

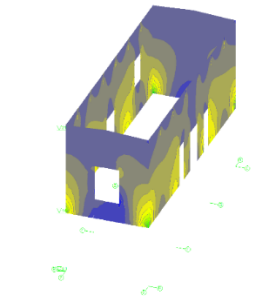
Рис. 6. Вертикальные перемещения узлов плит перекрытия (а) и покрытия (б)



а)

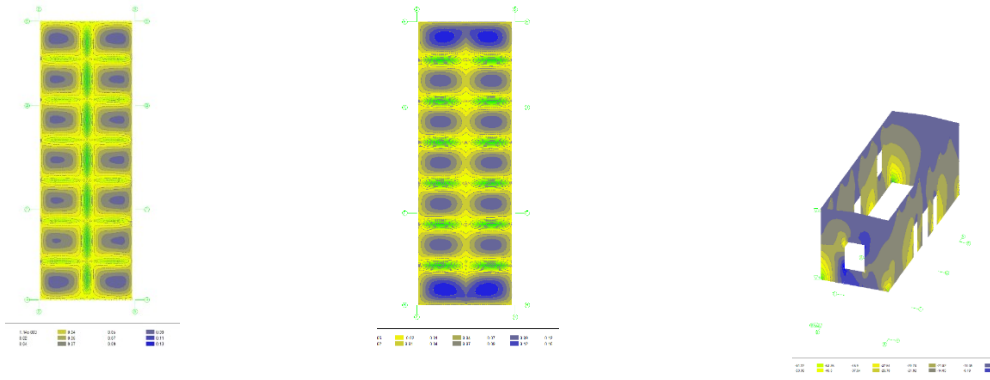


б)



в)

Рис. 7. Усилия в элементах расчетной схемы от основных сочетаний нагрузок: изгибающие моменты M_x (а) и M_y (б) в плите покрытия; напряжение сжатия N в несущих кирпичных стенах



а) б) в)
Рис. 8. Усилия в элементах расчетной схемы от особых сочетаний нагрузок (сейсмика):
а – изгибающие моменты M_x ; б – M_y в плите покрытия; в – напряжение сжатия N в несущих кирпичных стенах

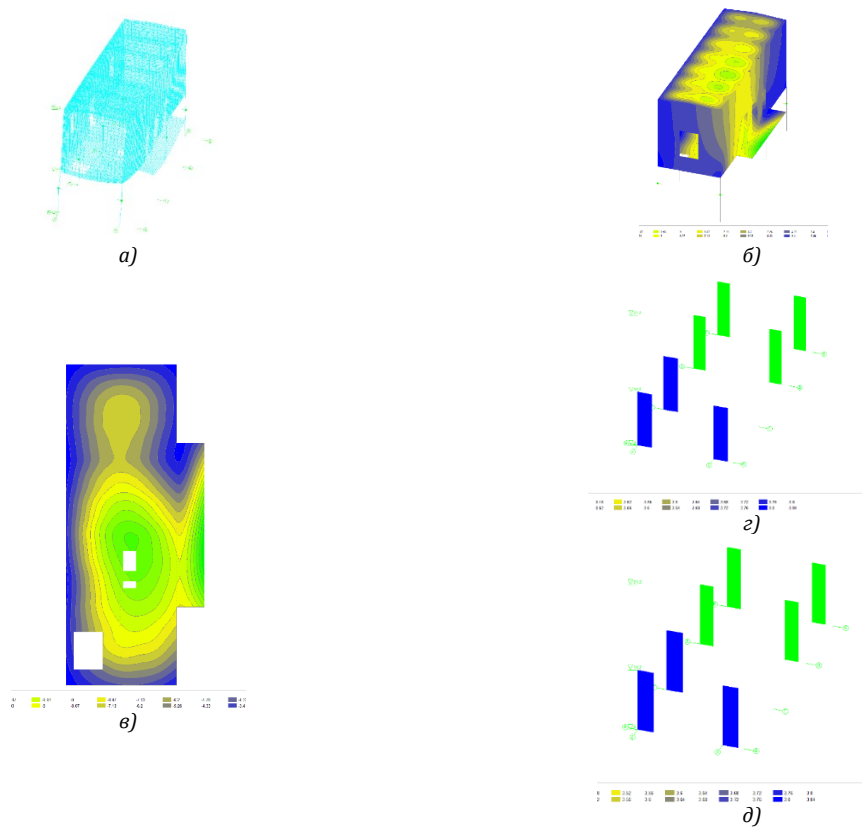
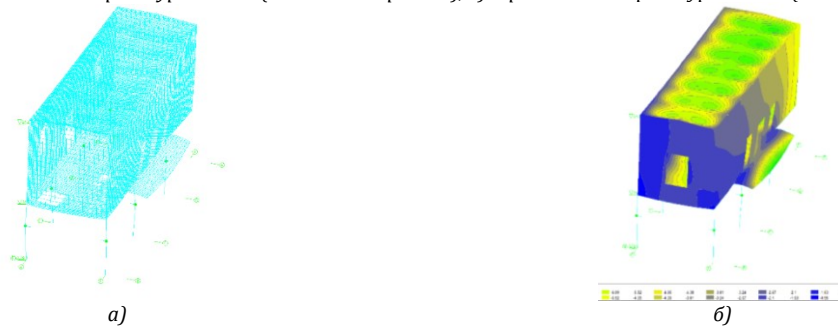


Рис. 9. Разрушение угловой колонны в осях б/Г:
а) деформации системы при разрушении колонны б/Г; б) перемещения здания по оси Z ; в) вертикальные перемещения узлов плиты; г) вертикальная арматура колонн (S1 несимметричная); д) вертикальная арматура колонн (S2 несимметричная)



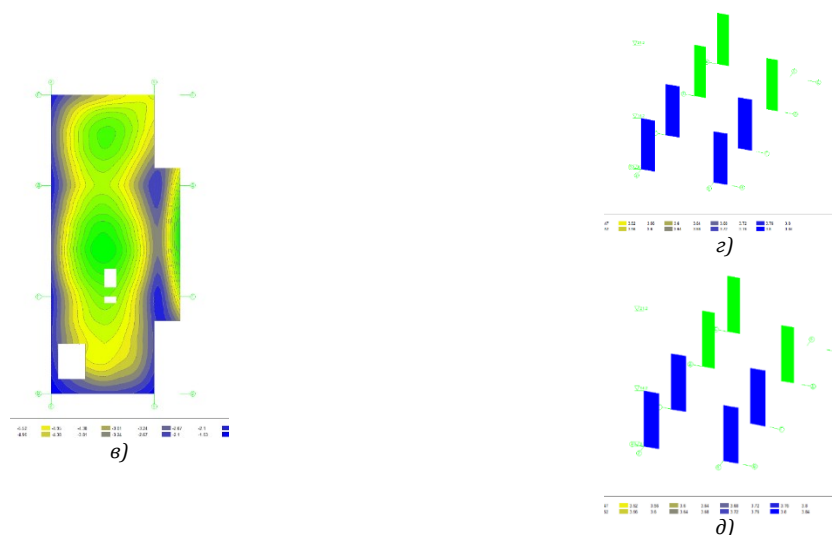


Рис. 9. Разрушение рядовой колонны в осях б/Б:

а) деформации системы при разрушении колонны б/Б; б) перемещения здания по оси Z; в) вертикальные перемещения узлов плиты; г) вертикальная арматура колонн (S1 несимметричная); д) вертикальная арматура колонн (S2 несимметричная)

Расчет на аварийную ситуацию показал, что при выключении одного несущего элемента включается в работу вся пространственная система несущих элементов (неразрезные балки, плиты, колонны), в результате чего происходит перераспределение усилий. Таким образом, существующие конструктивные решения здания механизмов и управления обеспечивают несущую способность сооружения при локальном повреждении и предотвращают прогрессирующее обрушение в целом.

Результаты расчета показали, что несущая способность и устойчивость существующего здания механизмов обеспечена, в частности:

- максимальный вертикальный прогиб плиты перекрытия равен 11,8 мм, что не превышает предельного значения 31 мм;
- максимальный вертикальный прогиб плиты покрытия равен 8,0 мм, что не превышает предельного значения 20 мм;
- сечения железобетонных конструктивных элементов удовлетворяют требованиям норм;
- прогибы перекрытий и балок в рассматриваемых пролетах, где произошло обрушение, растут незначительно;

- происходит перераспределение усилий при аварийных ситуациях.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что конструкции здания механизмов и управления обладают запасом прочности, а выполнение работ и мероприятий по устранению дефектов и повреждений в их элементах обеспечит переход из категории «ограниченно работоспособное» в категорию «работоспособное» (в соответствии с терминологией ГОСТ 31937-2011) и, следовательно, необходимый уровень эксплуатационной надежности.

Таким образом, для оперативной оценки уровня эксплуатационной надежности объектов ГТС необходим комплекс мероприятий, направленный на установление фактического состояния конструкций посредством технического обследования с выявлением возможных причин возникновения дефектов и повреждений, выполнением поверочных расчетов на наиболее невыгодные и опасные сочетания нагрузок, а также разработкой мероприятий по устранению причин и последствий возникновения дефектов и повреждений в элементах конструкций зданий и сооружений.

Список литературы

1. Евдокимов С. В. Оценка технического состояния строительных конструкций и объектов в процессе мониторинга / С. В. Евдокимов, А. А. Орлова // Строительство и техногенная безопасность. – 2022. – № S1. – С. 98–103.
2. Евдокимов С. В. Критерии оценки надежности и технического состояния гидротехнических сооружений / С. В. Евдокимов, Т. В. Дормидонтова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2011. – № 2. – С. 105–108.
3. Бальзанников М. И. Система управления состоянием гидротехнических сооружений / М. И. Бальзанников, Б. Г. Иванов, А. А. Михасек // Вестник МГСУ. – 2012. – № 7. – С. 119–124.
4. Об итогах реконструкции ГТС Волго-Донского судоходного канала / В. С. Сугак, О. Н. Кузнецова, К. Н. Некрасов, Д. С. Шумилов // Гидротехника. – 2020. – № 1 (58). – С. 4–9.
5. Федосюк И. В. Разработка проектных решений для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений при особых воздействиях / И. В. Федосюк, С. С. Рекунов // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: Международной научно-практической конференции, Волгоград, 15–16 декабря 2022 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 65–70.
6. Соснин Н. П. К вопросу об оценке остаточного ресурса зданий и сооружений / Н. П. Соснин // Вестник Пермского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 59–62.
7. Мельчаков А. П. Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов: (теория, методики и инженерные прил.): учебное пособие / А. П. Мельчаков; А. П. Мельчаков. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 48 с.
8. Рекунов С. С. Исследование вопросов надежности сооружений разных типов при экстремальных воздействиях. Часть первая / С. С. Рекунов, А. А. Чураков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 2 (44).

9. Рекунов С. С. Исследование вопросов надежности сооружений разных типов при экстремальных воздействиях. Часть вторая / С. С. Рекунов, А. А. Чураков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 80–84.
10. Купчикова Н. В. О факторах, влияющих на надежность свайных фундаментов с уширениями / Н. В. Купчикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 54–61.
11. Золина Т. В. Развитие методов оценки остаточного ресурса промышленного здания / Т. В. Золина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2016. – № 3 (17). – С. 35–39.
12. Колчунов В. И. Некоторые проблемы живучести железобетонных конструктивных систем при аварийных воздействиях / В. И. Колчунов, Н. В. Федорова // Вестник НИЦ «Строительство». – 2018. – № 1 (16). – С. 115–119.
13. Fedorova N. V. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions / N. V. Fedorova, V. T. Ngoc // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1425. – Article 012033.
14. Расчет строительных конструкций на прогрессирующее обрушение: нормативные требования / И. И. Ведяков, П. Г. Еремеев, П. Д. Одесский и др. // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 4. – С. 16–24.
15. Перельмутер А. В. Прогрессирующее обрушение и методология проектирования конструкций / А. В. Перельмутер // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2004. – № 6. – С. 17–21.
16. Bao Y. Macromodel-based simulation of progressive collapse: reinforced concrete frame structures / Y. Bao, S. K. Kunnath, Sh. El-Tawil, Hai S Lew // Journal of Structural Engineering. – 2008. – Vol. 134, No. 7. – P. 1079–1091.

© С. С. Рекунов, А. А. Чураков, И. В. Федосюк

Ссылка для цитирования:

Рекунов С. С., Чураков А. А., Федосюк И. В. Оценка эксплуатационной надежности здания механизмов и управления в ходе реконструкции гидротехнических сооружений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 4 (46). С. 75–81.

УДК 691.32

DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-81-86

**СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ С НЕСКОЛЬКИМИ УШИРЕНИЯМИ
ДЛЯ СЛАБЫХ И СТРУКТУРНО НЕУСТОЙЧИВЫХ ОСНОВАНИЙ. ЧАСТЬ 1**

Н. В. Купчикова

Купчикова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация; e-mail: kupchikova79@mail.ru

В результате анализа практического и конструктивного опыта выявлен принцип работы сваи с несколькими уширениями в грунтовом массиве. Выполнены экспериментальные и аналитические исследования сваи с совместными концевыми и поверхностными уширениями, которые позволили представить физическую модель взаимодействия тела сваи с уширениями и с грунтовым пространством при различных схемах нагружения. Представлено несколько начальных этапов методологии расчета рассматриваемых конструкций свай: сбор и анализ исходных данных; определение схем приложения нагрузок и наиболее опасного их сочетания; выбор местоположения уширений и их количества в зависимости от физическо-механических свойств основания;

Ключевые слова: свая с несколькими уширениями, свая с многоместными уширениями, свая с совместными поверхностными и концевыми уширениями, методология расчета.

**PILE FOUNDATIONS WITH SEVERAL EXTENSIONS
FOR WEAK AND STRUCTURALLY UNSTABLE FOUNDATIONS. PART 1**

N. V. Kupchikova

Kupchikova Natalya Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Building Structures, Buildings and Structures”, Russian University of Transport (RUT MIIT), Moscow, Russian Federation; e-mail: kupchikova79@mail.ru

The principle of operation of a pile with several widenings in a soil mass has been revealed as a result of an analysis of practical and constructive experience. Experimental and analytical studies of piles with joint end and surface expansions were carried out, which made it possible to present a physical model of the interaction of the pile body with expansions and with the soil space under various loading schemes. Several initial stages of the methodology for calculating the pile structures under consideration are presented: collection and analysis of initial data; determination of load application patterns and their most dangerous combinations; choice of location of widenings and their number depending on the physical and mechanical properties of the base;

Keywords: pile with several widenings, pile with multiple widenings, pile with joint surface and end widenings, calculation methodology.

Актуальность

Массовое строительство высотных, многоэтажных зданий, большепролетных сооружений транспортной инфраструктуры, в том числе опор мостов и т. д., в настоящее время базируется на применении эффективных конструкций фундаментов глубокого заложения. К таким фундаментам относят: свайно-плитные, свайные кусты, коробчатые на свайном основании и сваи с уширениями.

Классификационные характеристики конструкций фундаментов глубокого заложения основоположников отечественного и зарубежного свайного фундаментостроения А. А. Луги, Б. И. Далматова, Р. А. Мангушева, П.

А. Коновалова, Э. В. Костерина, А. М. Силкина, Г. М. Смирнского, П. М. Ермишкина, Ю. Н. Платонова, A.S. Vesic, H. A. Hirayama, I. I. Vroid и другие исследователи наиболее широко освещают конструкции набивных и буронабивных свай с уширениями, образованными под нижним концом сваи, с несколькими уширениями в нижней части и с расширенной частью на стволе.

В работе В. И. Крутова [1] предложена классификация фундаментов глубокого заложения, однако она не отражает всего многообразия конструкций свай, в особенности фундаментов с уширениями.