

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.

Наиболее подробно классификация конструкций свай по М. Штолю, В. И. Теличенко, В. И. Фек-лину представлена в работе [2], где они подразделяются по форме ствола: сверху, на стволе, нижнем конце и с несколькими уширениями. При этом по форме тела выделены отдельно пирамидальные, то есть с наклонными гранями и ступенчатые сваи, но не уточнены их конструктивные решения и технологии образования уширений.

В классификации фундаментов глубокого заложения под высотные здания в работе О.А. Шулятьева [3, 4] сваи с уширениями не отражены, однако именно такие конструкции фундаментов и применяются при возведении высотных объектов.

В целом на современном этапе классификацию конструктивных решений свай с уширениями, расположенными на стволе, можно представить как для одиночных, так и для многоместных уширений готового и набивного типа, а далее – по технологии их образования (рис. 1) [5].

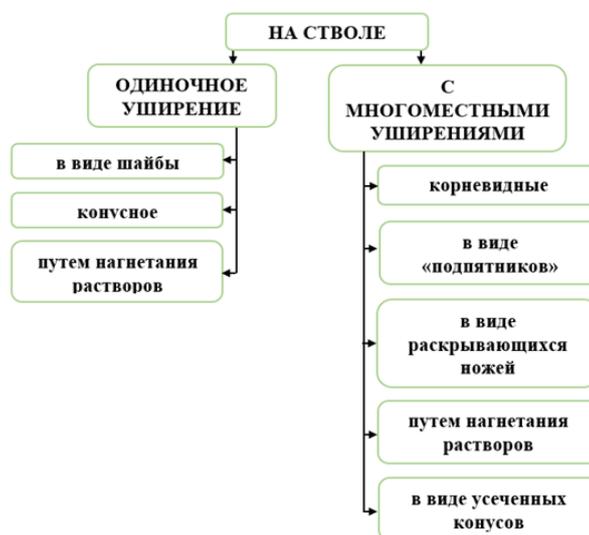


Рисунок 1 Классификация конструктивных решений свай с одиночными и многоместными уширениями на стволе

Один из встречающихся методов устройства нескольких уширений на стволе буронабивной сваи представлен на рисунке 2, 2. Первоначально бурение производится шнековым буром до отметки на 60 см ниже проектного уровня первого уширения. После этого устанавливается уширитель и выполняется первое уширение. Потом производится бурение ствола скважины до отметки на 60 см ниже уровня второго уширения и т. д. В описанной последовательности были изготовлены сваи диаметром 600 мм, длиной 6 м с двумя уширениями, длиной 12 м – с одним, двумя, тремя уширениями, а также без них, и сваи длиной 16 м – с одним, двумя, тремя уширениями и без них.

В настоящее время чебоксарское предприятие «ФОРСТ» активно внедряет при строительстве и реконструкции зданий устройство буроинъекционных свай, изготавливаемых электрогидравлическим методом с несколькими уширениями на стволе – «подпятников» [6, 7].

Цель исследования – разработка методологии расчета свайных фундаментов с несколькими уширениями на стволе сваи, базирующаяся на современных научно-технических гипотезах, требованиях нормативной проектной базы, экспериментальных, численных и аналитических исследованиях.

Проектно-экспериментальный опыт исследования свай с несколькими уширениями

Сваи с несколькими уширениями на стволе изготавливаются как готовыми, так и набивными на строительной площадке.

Готовая железобетонная свая с раскрывающимися стальными ножами на стволе (рис. 2. 1) разработана с ножами, прижатыми к боковой поверхности сваи, которые связаны проволоочным предохранителем. После того, как свая погружена на требуемую глубину, натягивают трос со срезной планкой и та срезает предохранитель. При дальнейшем погружении сваи ножи, встречая сопротивление грунта, находящегося между их плоскостями и острием сваи, раскрываются.

К достоинствам рассматриваемой геотехнической технологии авторы относят: возможность устройства свай существующими буровыми станками (в том числе и отечественными); простоту выполнения (добавляется одна легковыполняемая операция – устройство уширения с помощью электрогидравлического взрыва); возможность точного определения места устройства уширения (по уходу бетонной смеси) и устройства необходимого количества уширений по длине сваи с целью достижения расчетной несущей способности, а также минимизация технологических и эксплуатационных осадок (рис. 3) [6].

В настоящее время в Казахстане группа ученых проводит натурные эксперименты со сборными сваями с несколькими уширениями на стволе в виде усеченных конусов (рис. 4). Для выполнения исследований было разработано и изготовлено специальное экспериментальное оборудование. Параметры, принципы и последовательность проведения работ с применением данного оборудования представлены в работе [8–10]. Сваи погружались в грунт путем их

забивки при постоянной энергии каждого удара. Ударник массой 40 кг сбрасывался с высоты 0,5 м. Глубина погружения свай составила 141,2–145,6 см (максимальная разница составила 3,02 %).

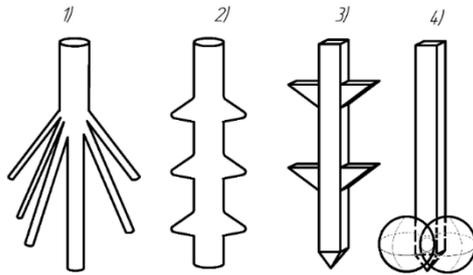


Рис. 2 Конструктивные решения свай с несколькими уширениями: 1 – коневидная, 2 – с несколькими уширениями на стволе, 3 – с раскрывающимися ножами на стволе, 4 – с двумя уширениями путем нагнетания по двум боковым трубкам

Принцип работы сваи с несколькими уширениями в грунтовом массиве состоит вначале во включении в работу боковой поверхности свай до первого ушире-

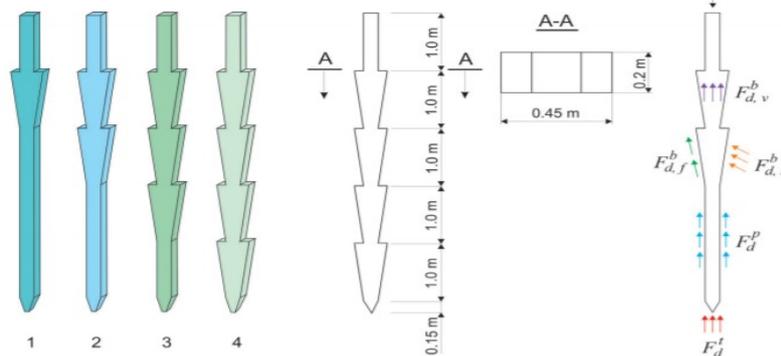


Рис. 4 Конструктивные решения готовых свай с несколькими уширениями [8]

Одним из направлений развития применения нескольких уширений относительно тела сваи стало конструктивно-технологическое решение об устройстве совместного поверхностного и концевое уширения.

Выполненные экспериментальные и аналитические исследования свай с совместными концевыми и поверхностным уширениями позволили представить физическую модель взаимодействия тела сваи с уширениями и с грунтовым пространством при вертикальном нагружении за счет реактивного давления нижней полусферы концевое уширения, сил сцепления и трения по боковой поверхности прямолинейного участка сваи и граней клиньев.

Изополя напряжений для длинных и коротких свай с совместным концевым и поверхностным уширениями показывают, что реактивные напряжения, возникающие у длинных свай на участке работы призматического ствола сваи между уширениями практически равны нулю (рис. 6 и 7), а у коротких свай напряжения перераспределяются практически равномерно в однородных грунтах по всему телу сваи с совместными уширениями (рис. 5).

Условие предельного равновесия внешних сил и внутренних силовых факторов для длинной сваи

далее несущую способность самого первого уширения, затем – боковая поверхность над следующим уширением и так далее, вплоть до последнего концевое уширения. Данные технологии буронабивных конструкций эффективны в определенных инженерно-геологических сложных условиях, когда закрепление грунта необходимо проводить с определенным шагом на стволе сваи.

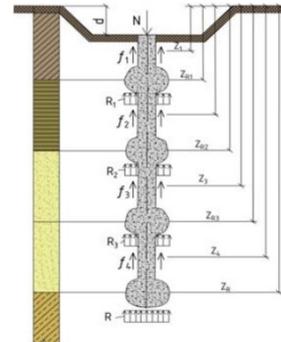


Рис. 3. Схема к определению несущей способности F_d буронабивной сваи с многоступенчатыми уширениями по грунту [6]

с концевым и поверхностным уширениями определяется по формуле:

$$N = F_1 + F_2 + F_3, \quad (1)$$

где F_1 – сопротивление окологрунтового пространства по боковой поверхности клиновидного уширения, кН; F_2 – сопротивление окологрунтового пространства по боковой поверхности примитической части ствола сваи (между уширениями) и F_3 – сопротивление под нижней шарообразной поверхностью концевое уширения, кН.

При действии возрастающей вертикальной нагрузки осадка таких свай с поверхностным и концевым уширением, как длинных, так и коротких возрастала постепенно пропорционально величине нагрузки. Для таких конструктивных решений при достижении некоторого постоянного значения внешней силы происходила незатухающая осадка, что и показывает вид кривых осадок, являющийся развитием упругих деформаций грунта. Экспериментальные исследования в [11] показали, что количество уширений в сваях отражается на энергоёмкости их погружения. Энергетические затраты повышаются с увеличением количества уширений, также увеличиваются размеры деформированной зоны грунта вокруг опытных свай.

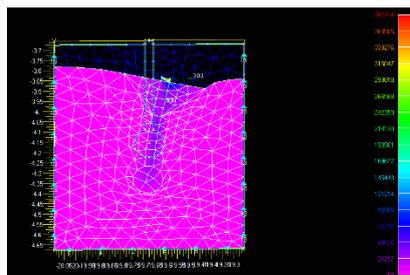
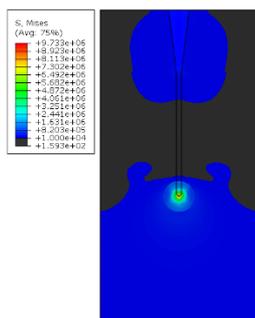


Рис. 5. Изополя напряжений по Мизесу для короткой сваи с поверхностным и концевым уширениями на совместное действие горизонтальной и вертикальной нагрузок. (Результаты расчета сваи с совместными уширениями при загрузке горизонтальной нагрузкой 300 Н и вертикальной – 500 Н)



ис. 6. Изополя напряжений по Мизесу для длинной сваи с концевым и поверхностным уширениями

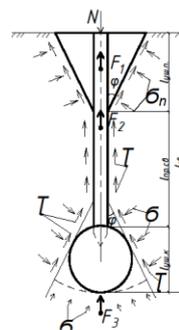


Рис. 7. Расчетная схема для длинной сваи с концевым и поверхностным уширениями

Разработка методологии расчета свайных фундаментов с несколькими или множественными уширениями

Методология расчета свайных фундаментов с уширениями – это учение об упорядоченной организации расчетной деятельности в целостную систему с четко определенными характеристиками, логической структурой и процессом ее осуществления.

Критериями научности нового знания в методологии проектирования свайных фундаментов с уширениями, которое намерены разработать, являются: обоснованность логически выстроенных выводов и системность как логически организованное прогрессивное научное знание. Не всякая деятельность нуждается в организации, применении методологии, например, однообразная, повторяющаяся, хорошо освоенная деятельность в применении методологии. Расчет и проектирования свайных фундаментов с несколькими уширениями на стволе не относится к часто повторяющейся и однообразной деятельности, более того, эта область является не изученной в теории свайного фундаментостроения и решении сложных геотехнических задач.

В разработке концептуальной методологии будем базироваться на современных научно-технических гипотезах, всестороннем анализе конструктивно-технологических решений свай с несколькими или множественными уширениями на стволе сваи, требованиях нормативной проектной базы, а также полученных экспериментальных, численных и аналитических исследованиях (рис. 9). При этом за основу принимаем следующую классификацию конструкций свай с несколькими уширениями на стволе в зависимости от технологии изготовления (рис. 8): с совместными уширениями готового и набивного типа и отдельно с несколькими уширениями на стволе готового и набивного типа.



Рис. 8. Классификация конструкций свай с несколькими уширениями на стволе в зависимости от технологии изготовления

На первом этапе в методологию входит сбор исходных данных, который включает: оценку результатов инженерно-геологических изысканий и условий существующей застройки, а также влияния на нее; назначение и конструктивно-технологические особенности здания, сооружения и условия их эксплуатации; анализ технических условий, выданных уполномоченными организациями; анализ экспертизы геоподосновы, системы нагрузок и экологические требования; оценка инженерной цифровой модели местности с отображением подземных и надземных сооружений и коммуникаций.

Второй этап разрабатываемой методологии после анализа исходных полученных данных на предпроектной стадии – это определение схем приложения нагрузок (статические вертикальные и горизонтальные, статические и динамические горизонтальные, выдергивающая, динамические сейсмические), а также наиболее опасное их сочетание.

После выбора схем приложения нагрузок – этапы выбора местоположения уширений и их количества в зависимости от физическо-механических свойств основания и технологии изготовления, как самого тела сваи, так и уширений.

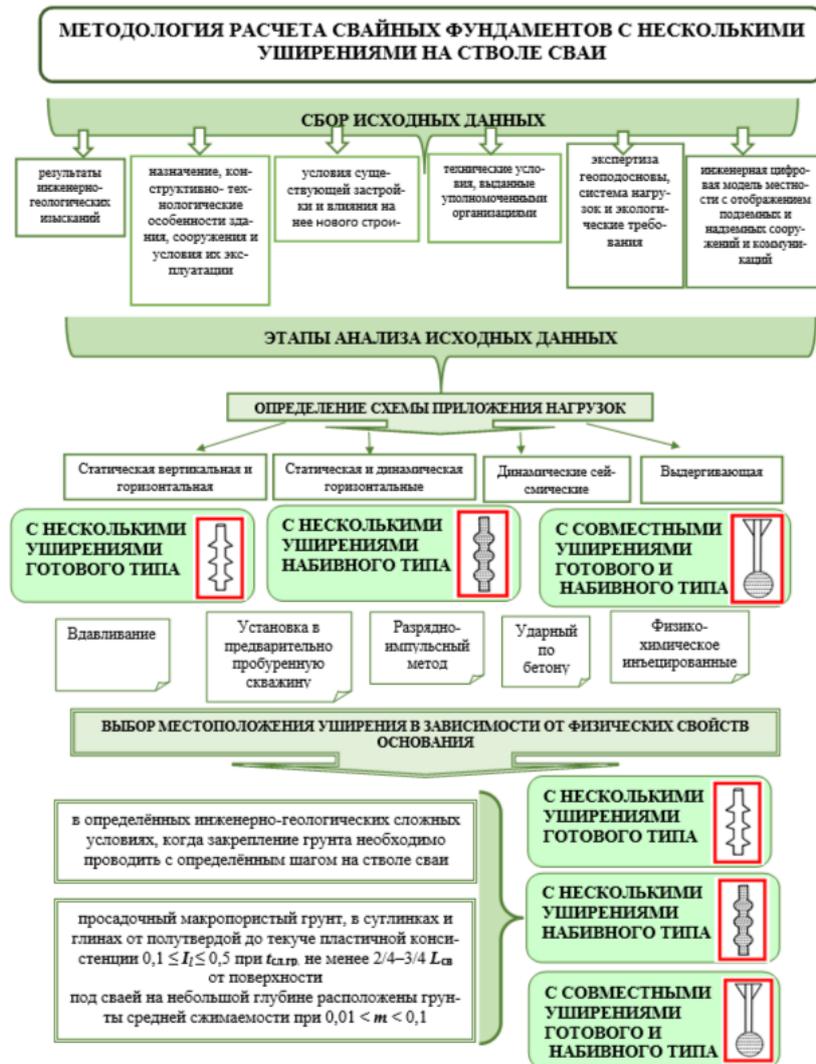


Рис. 9. Концептуальная схема этапов методологии расчета свайных фундаментов с несколькими уширениями на стволе

Выводы

1. Выявлено, что принцип работы сваи с несколькими уширениями в грунтовом массиве состоит вначале во включении в работу боковой поверхности свай до первого уширения, далее несущую способность самого первого уширения, затем – боковая поверхность над следующим уширением и так далее, вплоть до последнего концевое уширения.

2. Выполненные экспериментальные и аналитические исследования сваи с совместными концевыми и поверхностным уширениями позволили представить физическую модель взаимодействия тела сваи с уширениями и грунтовым пространством при вертикальном нагружении за счет реактивного давления нижней полусферы концевое уширения, сил сцепления и трения по боковой поверхности прямой части сваи и граней клиньев.

3. На современном этапе требуется разработка комплексной методологии расчета свайных фундаментов с несколькими уширениями на стволе сваи.

4. Представленная методология расчета базируется на следующих логически выстроенных этапах:

- сбор и анализ исходных данных;

- определение схем приложения нагрузок и наиболее опасного их сочетания;

- выбор местоположения уширений и их количества относительно ствола сваи, а также в зависимости от физическо-механических свойств основания;

- выбор материала и технологии устройства уширения;

- определение технологии изготовления как самого тела сваи, так и уширений;

- выбор формы уширений для расчетной схемы;

- выполнение статического и (или) динамического и технико-экономического расчетов, включая полевые испытания;

- окончательный выбор конструктивно-технологического решения конструкции сваи с несколькими или множественными уширениями относительно тела сваи после выполнения вышеперечисленных расчетов.

5. В данной статье рассмотрены лишь первые три этапа методологии, следующие будут опубликованы в одноименной статье части № 2.

Список литературы

1. Крутов В. И. Предложения по классификации оснований и фундаментов /В. И. Крутов//Основания и фундаменты, механика грунтов. – 2013. – № 1. – С. 23–27.

2. Штоль Т.М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учебное пособие / Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. – Москва : Стройиздат, 1990. – 288 с.
3. Шулятьев О. А. Основания и фундаменты высотных зданий / О. А. Шулятьев. – Москва : АСВ, 2020. – 442 с.
4. Шулятьев О. А. Экспериментальные исследования взаимодействия буронабивных свай с твердыми глинными грунта при строительстве Лахта Центр / О. А. Шулятьев, С. О. Шулятьев, Л. Р. Ставницер, В. В. Орехов // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 16–20.
5. Купчикова Н. В. Предложения по дополнению классификации конструкций готовых и набивных свай с поверхностными уширениями и наклонными боковыми сваями / Н. В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 32–41.
6. Соколов Н. С. Техника и технология: устройство и методология расчетов буронаблюдательных свай ЭРТ повышенной несущей способности : монография / Н. С. Соколов. – Чебоксары : Среда, 2022. – 332 с.
7. Соколов Н. С. Буронаблюдательная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция повышенной несущей способности / Н. С. Соколов // General question of world science : Collection of Scientific Papers based on the results of an XVIII International scientific conference, Florence, 15 октября 2022 года. – Florence : Ljournal, 2022. – С. 4–7.
8. Бекбасаров И. И. О результатах испытаний плоских моделей свай с несколькими уширениями ствола в лабораторных условиях / И. И. Бекбасаров, Е. И. Атенев, Ж. Кулболдиев // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы II Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 26–28 мая 2021 года. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 57–74.
9. Бекбасаров И. И. Об экспериментальном оборудовании для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях / И. И. Бекбасаров, М. Н. Байтемиров, Е. И. Атенев, Н. А. Шаншабаев // Механика и технологии. – 2019. – № 4 (66). – С. 134–141.
10. Бекбасаров И. И. Ударная погружаемость свай с уширениями ствола и их сопротивляемость вдавливающей нагрузке / И. И. Бекбасаров, М. И. Никитенко, Е. И. Атенев // Новости науки Казахстана. – 2020. – № 2 (144). – С. 124–134.
11. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования по закреплению слабых грунтов под фундаментами физико-химическими методами с применением добавок-пластификаторов / Н. В. Купчикова // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 3 (44). – С. 123–132.

© Н. В. Купчикова

Ссылка для цитирования:

Купчикова Н. В. Свайные фундаменты с несколькими уширениями для слабых и структурно-неустойчивых оснований. Часть 1 // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 4 (46). С. 81–86.

УДК 004.77, 37.04, 316.35

DOI 10.52684/2312-3702-2023-46-4-86-91

ЦИФРОВЫЕ КЕЙСЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Т. В. Золина, Н. В. Купчикова

Золина Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства, ректор, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: zolinatv@yandex.ru;

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 статье представлен опыт разработки и внедрения цифровых кейсов в области проектирования, строительства и девелопмента в реализации инвестиционно-строительных проектов для студентов строительных профилей и направленностей. Экспертами Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации и Федерального бюджетного управления «РосСтройКонтроль» дана оценка высокого уровня развития профессиональных компетенций и гибких навыков студентов АГАСУ на основе метода цифровых кейсов как системы практико-ориентированного обучения, лидерских качеств и личностной эффективности.

Ключевые слова: цифровые кейсы, проектная деятельность, цифровая трансформация в курсовом и дипломном проектировании.

DIGITAL CASES AS A TOOL FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF PROJECT ACTIVITIES

T. V. Zolina, N. V. Kupchikova

Zolina Tatyana Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Rector, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: zolinatv@yandex.ru;

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

The article presents the experience of developing and implementing digital cases in the field of design, construction and development in the implementation of investment and construction projects. Experts from the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation and the Federal Office of Rosstroycontrol assessed the high level of development of professional competencies and "flexible" skills of ASASU students based on the method of digital cases as a system of practice-oriented learning, leadership qualities and personal effectiveness.

Keywords: digital cases, project activities, digital transformation in course and diploma design.

Актуальность

В рамках встреч руководителей производств НОСТРОЙ, НОПРИЗ и других организаций [1], кото-

рые ведут свою деятельность в отрасли проектирования, градостроительства, управления, экспертизы и девелопмента, ключевой проблемой для развития называют катастрофическую ситуацию по