

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№105, Январь 2024
(Часть 13)



Самара, 2024

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №105, Январь 2024 (Часть 13) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 240 с.

doi: 10.18411/trnio-01-2024-p13

Тенденции развития науки и образования - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Чернопятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

Ильященко Дмитрий Павлович

Кандидат технических наук

Дробот Павел Николаевич

Кандидат физико-математических наук, Доцент

Божко Леся Михайловна

Доктор экономических наук, Доцент

Бегидова Светлана Николаевна

Доктор педагогических наук, Профессор

Андреева Ольга Николаевна

Кандидат филологических наук, Доцент

Абасова Самира Гусейн кызы

Кандидат экономических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич

Кандидат юридических наук

Ерыгина Анна Владимировна

Кандидат экономических наук, Доцент

Чебыкина Ольга Альбертовна

Кандидат психологических наук

Левченко Виктория Викторовна

Кандидат педагогических наук

Петраш Елена Вадимовна

Кандидат культурологии

Романенко Елена Александровна

Кандидат юридических наук, Доцент

Мирошин Дмитрий Григорьевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ефременко Евгений Сергеевич

Кандидат медицинских наук, Доцент

Шалагинова Ксения Сергеевна

Кандидат психологических наук, Доцент

Катермина Вероника Викторовна

Доктор филологических наук, Профессор

Полицинский Евгений Валериевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович

Кандидат экономических наук, Доцент

Пузыня Татьяна Алексеевна

Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович

Доктор биологических наук, Доцент

Афанасьева Татьяна Гавриловна

Доктор фармацевтических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы

Доктор философии по техническим наукам

Лыгин Сергей Александрович

Кандидат химических наук, Доцент

Заломнова Светлана Петровна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Радкевич Михаил Михайлович

Доктор технических наук, Профессор

Гуткевич Елена Владимировна

Доктор медицинских наук

Матвеев Роман Сталинарьевич

Доктор медицинских наук, Доцент

Аирапов Баходурджон Пулотович

Кандидат филологических наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович

Кандидат технических наук, Профессор

Найденов Николай Дмитриевич

Доктор экономических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна

Кандидат экономических наук, Доцент

Хачатурова Карине Робертовна

Кандидат педагогических наук

Кадим Мундер Мулла

Кандидат филологических наук, Доцент

Григорьев Михаил Федосеевич

Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ XXII. СТРОИТЕЛЬСТВО	8
Борецкий Д.С. Обучение студентов промышленного и гражданского строительства моделированию в BIM-программах на примере Autodesk Revit.....	8
Глазачев А.О., Павлов С.Ю., Шайхуллин И.Р., Халиков Р.М. Ресурсосберегающие способы укрепления слабых грунтов оснований дорожного полотна автомобильных дорог .	10
Ефремова М.Е. Зеленое строительство как современное направление урбанизации	13
Золотых З.А., Борецкий Д.С. Умный город как способ организации городской среды.....	15
Ким Д.Ф., Мамедов С.Э. Критерии элитной жилой среды на примере жилого комплекса «Tumar Exclusive»	18
Корнилова А.А., Литвинова М.С. Стратегическое планирование развития городов. Актуальные аспекты	21
Мамедов С.Э., Орынтай Г.Ж. Архитектурно-градостроительный анализ квартальной застройки в городе Астана в 1950-х годах	24
Назарова Е.Ю. Вариантное проектирование железобетонного перекрытия общественного здания	27
Назарова Е.Ю. Железобетонные перекрытия: сравнение эффективных форм	30
Святецкий Д.А. Анализ затухания в железобетонных конструкциях при различных моделях физической нелинейности от действия гармонической нагрузки	33
Соколов Н.С. Алгоритм геотехнического расчета буронабивных свай-эрт	40
Соколов Н.С. Возведение сооружений на структурно-неустойчивых грунтах	46
Соколов Н.С. Геотехническая практика укрепления склона	54
Соколов Н.С. Использование свай при усилении оснований	59
Соколов Н.С. Надежная эксплуатация объекта ОКН	64
Соколов Н.С. Понижение полов подвала с использованием свай.....	72
Соколов Н.С. Случай усиления основания объекта	82
Соколов Н.С. Технология усиления оснований	93
Соколов Н.С. Фундаменты с высокими давлениями на основания	97
Тимин В.С. Аналитический обзор литературы по теме «Влияния уровня предварительного напряжения затяжек на эффективность шпренгельных систем».....	104
Халиков Р.М., Насретдинов И.Н., Трухов А.В. Рациональные подходы конструирования защитных покрытий композиционной обработкой поверхности строительных материалов	109
Шкотова О.В., Ким Е.Д. Концепция благоустройства исторических кварталов	112
РАЗДЕЛ XXIII. АГРОНОМИЯ	119
Абдулмажидов Х.А. Очистка мелиоративных каналов осушительной системы Полевой опытной станции.....	119
Димитриенко О.В. Вредители посевов сои и меры борьбы с ними.....	121
Малышкин Д.С., Мозжерина У.Р. Значение иностранного языка в сфере агрономии	124

Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Неяскин Н.Н. Мобильная электроника как платформа для программного обеспечения сельхозпредприятий.....	126
Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Неяскин Н.Н. Развитие цифровых технологий в области растениеводства	129
РАЗДЕЛ XXIV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ	132
Абдулмажидов Х.А. Определение объемов наносов и заилений, подлежащих удалению со дна и откосов осушительных каналов мелиоративных систем	132
Абдулмажидов Х.А. Разработка рабочего органа мелиоративного каналоочистителя для восстановления осушительных каналов с закрепленным дном	135
Абдулмажидов Х.А. Очистка мелиоративных каналов как средство поддержания урожайности сельскохозяйственного поля	137
Беденко О.А., Семенова С.Н. Путь ручейка к большой реке.....	140
Жукова Ж.С. Проблемы глобального изменения климата	144
Орлова В.Н. Антарктида как источник климатических данных.....	147
РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	150
Душнева Н.А., Могилевская Г.И. Повышение комфортности жилья человека в контексте проблемы экологии человека.....	150
Соколов Н.С. Армирование основания для создания фундамента повышенной несущей способности	152
Соколов Н.С. Геотехнический опыт строительства в стесненных условиях	155
Соколов Н.С. Геотехнический опыт увеличения эксплуатационной надежности заглубленных удерживающих конструкций	159
Соколов Н.С. Деформированная подпорная стена – случай усиления.....	163
Соколов Н.С. Использование слабых оснований при строительстве насыпей.....	169
Соколов Н.С. Мелкозернистый бетон - материал буроинъекционных свай-эрт	174
Соколов Н.С. Опыт устройства ограждения котлована в особо стесненных условиях	179
Соколов Н.С. Усиление слабых оснований в связи с увеличением расчетных нагрузок на основание существующих фундаментов	186
Соколов Н.С. Электроразрядная технология усиления оснований.....	191
Соколов Н.С. Эрт технология для улучшения слабых оснований	200
Федоров П.Ю. Альтернативное армирование буроинъекционных свай ЭРТ	205
РАЗДЕЛ XXVI. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	211
Нуриева Л.И. Информационно-цифровые решения в сфере бжд на отечественном производстве.....	211
РАЗДЕЛ XXVII. МАШИНОСТРОЕНИЕ	214
Валюк А.С., Кузеев Д.Р. Практика и перспективы применения различных способов сжигания твердого топлива в теплоэнергетических установках	214

Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М. Влияние влажности пластика на изделия изготовленные с помощью аддитивных технологий методом послойного наплавления.....	216
Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М. Исследование влияния скорости печати на качество и точность изделий, изготовленных по технологии FDM 3D-печати.....	219
Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М. Определение оптимального времени воздействия паров ацетона при обработки изделий из ABS пластика	223
Лайша А.К., Лисин М.С., Фомкин И.В., Пичугин Е.А. Модернизация ударного стенда УСП-5	227
Лайша А.К., Лисин М.С., Фомкин И.В., Пичугин Е.А. Подбор компонентов для модернизации приводной системы ударного стенда УСП-5 и расчет рентабельности модернизации	231
Шатагин Д.А., Желонкин М.В., Аносов М.С., Платонов Д.Е. Цифровой двойник шероховатости обработанной поверхности	234

РАЗДЕЛ XXII. СТРОИТЕЛЬСТВО

Борецкий Д.С.

Обучение студентов промышленного и гражданского строительства моделированию в BIM-программах на примере Autodesk Revit

СПбГАСУ – Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-630

Аннотация

Обучение студентов моделированию в программах информационного моделирования зданий (BIM) очень важно из-за востребованности BIM. Существующие методики обучения не достаточно эффективны, что показывает практика, а поэтому нуждаются в изменениях. Такими изменениями могут быть: увеличение времени знакомства с концепцией BIM, акцентирование внимания также и на информационном наполнении модели, практическая направленность курса, его совмещение с другими дисциплинами и другие. Ожидается, что данные рекомендации приведут к повышению уровня подготовки будущих специалистов.

Ключевые слова: BIM (Building Information Modeling), Autodesk Revit, обучение, приёмы обучения, BIM-моделирование.

Abstract

Training students in building information modeling (BIM) software is highly important due to the demand for BIM. Existing teaching methods have shown insufficient effectiveness in practice, thus requiring changes. These changes might include: increasing the time dedicated to understanding the concept of BIM, focusing on the informational content of the model, a more practical orientation of the course, its integration with other disciplines, among others. It is expected that these recommendations will lead to an improvement in the skill level of future professionals.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), Autodesk Revit, training, teaching methods, BIM modeling.

Введение

В настоящее время технологии информационного моделирования зданий (BIM) играют ключевую роль в строительной отрасли и используются специалистами различных разделов (архитекторами, конструкторами, инженерами сетей и т. д.) практически на всех стадиях жизненного цикла проекта. Причём с каждым годом доля использования BIM только увеличивается, вытесняя традиционное 2D моделирование, так как с применением данной технологии скорость работы увеличивается на 30% благодаря отсутствию необходимости вручную вносить изменения в проекте [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Поэтому так важно обучать студентов использованию технологий BIM, в частности использованию программ, реализующих этот принцип, таких как Tekla, Autodesk Revit, ArchiCAD и других, чтобы получить подготовленных специалистов с нужными на работе навыками. К сожалению, на данный момент в соответствующих высших учебных заведениях есть некоторые проблемы с обучением работы в подобных программах. Сложность в том, что большинство существующих методических указаний не выполняют своей функции, так как студенты просто следуют инструкциям без понимания сути работы. Поэтому целью данной статьи является анализ этой и подобных проблем на примере обучения студентов промышленного и гражданского строительства (ПГС) программе Autodesk Revit, реализующей принцип BIM, а также выработка основных принципов и методов обучения, которые могут решить данные проблемы.

Как уже было сказано, существующие методические указания не эффективны в силу того, что они не способствуют усвоению материала студентами. Первое, с чем их нужно познакомить — с самой концепцией BIM, заключающейся в создании единой информационной модели, на основе которой создаётся чертежи и документация [**Ошибка! источник ссылки не найден.**]. Смысл создания данной модели находится в ускорении процесса проектирования (в частности) за счёт автоматизации и адаптивности модели. Другими словами, при изменении одного параметра (например, толщины или материала стены) он меняется на всех видах автоматически (меняется изображение стены или её марка).

Практические работы студентов показывают, что они не достаточно хорошо усвоили данную концепцию, так как, например, используют инструменты «Линия детализации», «Область маскировки» вместо работы с фильтрами, отображением графики и т. д. Ещё пример, использование инструмента «Текст» вместо имеющихся в Revit марок, способных в отличие от текста изменять отображаемый параметр. Таким образом, хотя подобные созданные студентами чертежи, могут выглядеть и идентично, но модель не будет изменяться автоматически при изменениях в проекте, что нарушает саму идею BIM. Как следствие, студенты в будущем не смогут эффективно решать рабочие задачи, так как не смогут полностью использовать преимущества автоматизации, предоставляемые программой Revit. Поэтому так важно приобрести понимание идеи информационного моделирования, и увеличить время знакомства с данными идеями и концепциями.

После усвоения концепции студентам можно приступить к изучению интерфейса Revit. Причём делать это лучше всего при создании небольшого учебного проекта (например, проектирование коттеджа) [**Ошибка! источник ссылки не найден.**], обращая внимание на общие принципы использования тех или иных инструментов. Особое внимание необходимо обратить на наполнение модели информацией. Ещё одной текущей проблемой является акцент на графическом отображении чертежей и отсутствии коллизий в проекте, что безусловно очень важно. Однако помимо этого студентов необходимо обучать заполнению информации об объектах (их положение, материал, структура, марка и другие), создавать собственные параметры, использовать их для фильтров и т. д. Для проверки работоспособности модели и выполнения задания соответствующим образом, можно задавать некоторые изменения или правки в изначальном задании, моделируя изменения со стороны заказчика. Например, изменить маркировку плит перекрытия, что должно автоматически отразиться на планах и в спецификациях.

В общем, изучать Revit студентам лучше всего в процессе выполнения проектов, постепенно повышая уровень сложности. Так после коттеджа, можно выполнить проект панельного, промышленного здания или здания сложной формы. Таким образом, студент, выполняя данные проекты, получит разнообразный опыт использования различных инструментов, а также знание, где лучше всего применять те или иные инструменты, что тоже очень важно. Revit предоставляет множество инструментов, которые можно использовать по-разному. Например, моделировать инструментом «Пол/Перекрытие», используя слои, или же моделировать отдельными перекрытиями. Оба подхода имеют право на существование, и то, какой выбрать, зависит от проекта и требований к нему.

Также будет полезно совмещать подобные проекты с другими предметами. Например, выполнять проект промышленного здания в Revit и расчёт железобетонных конструкций по соответствующему курсу. Это позволит студентам получить понимание объекта проектирования в целом.

Ещё можно использовать Revit в связке с другими программами (Autodesk Navisworks, Tekla и т. д.) и расчётными комплексами (ЛИРА-САПР, SCAD и т. д.), чтобы иметь представление об их взаимодействии. Например, обучать студентов строить аналитическую модель в Revit, и передавать её в ЛИРА-САПР для расчёта.

Можно добавить, что в качестве дополнительных заданий или в виде специальных курсов можно обучать студентов Dynamo, способам BIM-координации, работе с

формообразующими, и продемонстрировать совместную работу. Говоря о совместной работе, хорошей практикой может стать выполнение одного проекта не индивидуально, а группой или командой, где каждый студент будет отвечать за тот или иной раздел.

Ещё одним пунктом стоит отметить не использование горячих клавиш студентами (что относится не только к Revit). Горячие клавиши способны значительно ускорить работу в программах, что важно для будущего специалиста. Запомнить и научиться их использовать можно только во время выполнения проектов, поэтому необходимо указывать студентам об их существовании.

Заключение

Подводя итоги, стоит отметить, что при подобном подходе к обучению студентов промышленного и гражданского строительства (ПГС) моделированию в Revit (и в других программах, реализующих BIM, в общем) и использовании приведённых выше рекомендаций можно повысить уровень подготовки будущих специалистов. Тем не менее, данные рекомендации не являются практически проверенными, поэтому будут определённо нуждаться в корректировках и дополнениях. Однако их можно использовать при построении обучающего курса.

1. Бородулина С.В., Кузнецова О.Г. Приёмы обучения работы в Revit // КОГРАФ-2019. – 2019. – С. 179-183.
2. Кузнецова О.Г., Решетников М.К. Приёмы обучения работе в BIM программах // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. – 2023. – С. 243-248.
3. Шипелёв И.Л., Аверин В.Э., Нелюдимов А.Д. О преимуществах и недостатках при работе с ПК Autodesk Revit // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2023. – С. 409-414.

Глазачев А.О.¹, Павлов С.Ю.², Шайхуллин И.Р.¹, Халиков Р.М.¹
Ресурсосберегающие способы укрепления слабых грунтов оснований дорожного полотна автомобильных дорог

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет

²Уфимский университет науки и технологий

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-631

Аннотация

Для повышения несущей способности и уменьшения деформаций грунтовых оснований автодорог существуют различные способы геотехнического закрепления слабых грунтов. Эффект применения химических методов для стабилизационного укрепления грунтовых оснований в дорожном строительстве наиболее долгосрочен. Ресурсосберегающий способ укрепления глинистых слабых грунтов добавкой 8% известково-шлакового вяжущего на базе отходов позволяет увеличить коэффициент водостойкости до 0,92.

Ключевые слова: укрепление грунта, основание автодорог, известьесодержащие отходы, рециклинг.

Abstract

To increase the load-bearing capacity and reduce deformations of the soil foundations of highways, there are various ways of geotechnically fixing weak grounds. The effect of using chemical methods to stabilize the strengthening of ground foundations in road construction is the most long-term. A resource-saving method of strengthening weak soils with the addition of 8% lime-slag binder based on waste allows to increase the coefficient of water resistance to 0.92.

Keywords: strengthening of soils, the foundation of highways, lime-containing waste, recycling.

Территория Российской Федерации представлена сложным рельефом с разнообразными грунтовыми условиями; при строительстве и обустройстве современных автомобильных дорог приходится решать сложнейшие, часто противоречивые, геотехнические задачи. К таким задачам можно отнести устройство дорожного полотна на низменных местностях, строительство автодорог на заболоченных территориях, на мерзлых грунтах и т.п. [1] Актуальным остаются проблемные вопросы укрепления местных глинистых слабых грунтов с малой прочностью, завышенной пучнистостью в регионах Урала и Западной Сибири.

Данная статья нацелена на исследование эффективных способов укрепления слабых грунтовых оснований автомобильных дорог.

К наиболее распространенным грунтам Урала и Западной Сибири относятся глинистые слабые грунты, негативной особенностью которых является резкое снижение их физико-механических характеристик при увлажнении, что значительно уменьшает возможность их применения при строительстве автомобильных дорог. Для повышения несущей способности и снижения деформаций грунтовых оснований автодорог существуют разнообразные способы геотехнического закрепления грунтов. Выбор метода укрепления грунтовых оснований автодорог прежде всего обусловлен типом грунта природной зоны региона, уровнем залегания грунтовых вод и т.п. Множество различных методов подразделяют [2] условно на: механические (помещение в толщу грунта дорожного полотна армирующих компонентов); физические (укрепление массива грунта оснований с помощью термического закрепления, замораживания-оттаивания, электроосмоса и др.); химические (улучшение свойств грунтов с помощью обработки специальными добавками).

Механические способы наиболее широко используются в стабилизационном укреплении слабых грунтов оснований автодорог: вибрационное уплотнение, армирование геосинтетическим материалом [3] и др. Свайное закрепление [4] грунтовых оснований применяется в основном при строительстве мостов и эстакад. Следует отметить, что физические способы укрепления слабых грунтов в дорожном строительстве используются весьма ограниченно из-за существенных недостатков: дороговизны выполнения специализированным оборудованием, а также кратковременностью эффекта.

Качественное строительство и обеспечение долговечной эксплуатации автодорог на глинистых слабых грунтах реально осуществляется при укреплении оснований дорожного полотна различными химическими способами [5, 6]: стабилизация и придание устойчивости за счет физико-химического взаимодействия добавок и реагентов, вводимых в грунт. Слабые грунты, обработанные стабилизаторами, изменяют физико-механические характеристики, проявляющиеся в увеличении плотности на 7 %, росте прочности и модуля упругости. На определенном участке дорожного строительства временных транспортных путей необходимо проведение лабораторных исследований эффективности стабилизации местного грунтового материала и подбора оптимального расхода стабилизаторов.

Технологическая выполнимость химических методов не всегда однозначна и требует тщательного анализа в конкретном случае; например, имеются достаточно экономически дешевые способы: битумизация, силикатизация, цементация. Технология способа холодной битумизации заключается в том, что в грунт через скважины нагнетают битумные эмульсии: в композиционный состав которых входят электролиты, которые вызывают физико-химические процессы коагуляции, и в результате придают грунтам водонепроницаемость, заполняя микропоры и трещины.

На первой стадии, например, силикатизации, в толщу слабого грунта вводится (нагнетается) жидкофазный раствор клеящего вещества (в большинстве случаев силиката натрия). Грунт и склеивающий компонент постепенно на второй стадии образуют твердофазный массив с улучшенными физико-механическими характеристиками. Сущность технологии цементации заключается в одновременном разрушении слабого грунта и перемешивании его с цементным раствором, поступающим в грунт под большим давлением;

в результате после затвердевания образуется грунтобетон, который обладает более высокими прочностными и деформационными характеристиками.

В каждом отдельном случае дорожного строительства выбор того или иного метода укрепления слабых грунтов оснований автодорог индивидуален; необходимо проанализировать каждый способ комплексно: учитывать область применения, экономические составляющие, преимущества и недостатки. Эффект применения химических способов для стабилизационного укрепления грунтовых оснований в дорожном строительстве наиболее долгосрочен с одновременным учетом разнонаправленных экологических, юридических, экономических требований. В последние годы для стабилизации глинистых дорожных полотен используется метод комплексного холодного ресайклинга: способ длительной стабилизации предварительным фрезерованием и смешением цементирующим компонентом слабых грунтовых оснований автомобильных дорог.

Одним из ведущих инновационных тенденций дорожного строительства является увеличение экологичности; использование рециклинга строительных материалов является перспективным трендом в реализации национального проекта Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги». Например, применением в качестве вторичных ресурсов известьсодержащих многотоннажных отходов производства кальцинированной соды [7, 8] «Башкирская содовая компания» планирует к 2033 году очистить шлаконакопители (первый отсек площадью 136 га был введен в эксплуатацию еще 70 лет назад), затем начать ландшафтную рекультивацию территории [9].

Результаты испытаний показывают, что прочность образцов укрепленного глинистого стабилизированного грунта с добавкой 8% известково-шлакового вяжущего на базе известьсодержащих отходов содового производства соответствует марке М30, коэффициент водостойкости составляет 0,92. Оптимальные тенденции комплексного использования укрепленного грунта с добавкой 8% известково-шлакового вяжущего в конструкциях дорожного полотна автодорог приведены в таблице 1.

Таблица 1

Возможные направления применения укрепленного грунта с добавкой 8% известково-шлакового вяжущего в конструкциях дорожного полотна.

Вариант исполнения	Конструкция дорожного полотна	Обозначения
I		<p>1 – слой покрытия обработанный известково-шлаковым вяжущим</p> <p>2 – укрепленный слой основания</p> <p>ГС – геосинтетический материал</p>
II		<p>1 – укрепленный слой покрытия</p> <p>ГС – геосинтетический материал</p>

В заключение можно сделать вывод что, технологичное получение востребованных стройматериалов с использованием многотоннажных известьсодержащих отходов способствует ресурсосберегающему укреплению слабых грунтов оснований дорожного полотна автодорог.

Работа выполнена в рамках реализации программы академического стратегического лидерства «Приоритет 2030» Евразийского научно-образовательного центра.

1. Подольский, В.П. Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно / В.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов. М.: Изд. центр «Академия», 2013. 432 с. EDN RRVGMB.
2. Игошева, Л.А. Обзор основных методов укрепления грунтов основания / Л.А. Игошева, А.С. Гришина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т.7, №2. С.5-21. EDN WCZHDZ.
3. Oyegebile, B.O. Applications of geosynthetic membranes in soil stabilization and coastal defence structures / B.O. Oyegebile, B.A. Oyegebile // International Journal of Sustainable Built Environment. 2017. V.6. No.2. P.636-662.
4. Готман, А.Л. Исследование вертикально нагруженных буронабивных свай в глинистых грунтах и их расчет по данным статического зондирования / А.Л. Готман, А.О. Глазачев // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2014. №2. С.7-11. EDN TEYBLZ.
5. Цуканова, О.А. Применение химических добавок при укреплении грунтов в конструктивных слоях автомобильных дорог / О.А. Цуканова // Дороги. 2017. №2(10). С.12-13. EDN VUUOQE.
6. Шайхуллин, И.Р. Стабилизация грунтов автомобильных дорог промышленного транспорта / И.Р. Шайхуллин, М.М. Фаттахов, А.А. Махмутов и др. // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. №4(114). С.92-102. EDN XTUVVB.
7. Бабков, В.В. Композиционные материалы для дорожного строительства на основе отходов химической и металлургической промышленности / В.В. Бабков, И.В. Недосеко, А.О. Глазачев и др. // Строительные материалы. 2023. №1-2. С.88-94. EDN BMAMBT.
8. Халиков, Р.М. Ресурсосберегающее применение известьсодержащих отходов содового производства в укреплении слабых грунтов / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, И.Ф. Галиуллин // Актуальные вопросы соврем. материаловедения: Материалы X Международ. конф. Уфа: УУНиТ, 2023. С.207-214. EDN TIBGLI.
9. Латыпова, З.Б. Геоэкологические аспекты применения известьсодержащих крупнотоннажных отходов содового производства в Башкортостане / З.Б. Латыпова, Р.М. Халиков, А.О. Глазачев и др. // Проблемы региональной экологии. 2023. №4. С.68-72. EDN ZFOTOL.

Ефремова М.Е.**Зеленое строительство как современное направление урбанизации***Институт сферы обслуживания и предпринимательства (ДГТУ)
(Россия, Шахты)**doi: 10.18411/trnio-01-2024-632**Научный руководитель: Могилевская Г.И.***Аннотация**

В данной статье определена связь урбанизации с «зелёным» строительством, выявлены страны с широким применением технологий озеленения. Также был проведен анализ проблемы зеленого строительства на территории России. Рассмотрены зоны эффективности зеленого строительства, представлены рекомендации для более эффективного внедрения «зеленого» строительства.

Ключевые слова: зеленое строительство, зеленые кровли, зеленые экраны, озеленение, городская урбанизация.

Abstract

This article defines the relationship of urbanization with "green" construction, identifies countries with widespread use of landscaping technologies. An analysis of the problem of green construction in Russia was also carried out. The efficiency zones of green construction are considered, recommendations for more effective implementation of "green" construction are presented.

Keywords: green construction, green roofs, green screens, landscaping, urban urbanization.

Природоохранные проблемы нынешних городов обусловлены активными процессами урбанизации, которые сопутствуют увеличению нагрузки на природные ресурсы, а кроме того возникновением существенных размеров производственных и бытовых отходов, снижающих способности самовосстановления естественной среды. В данной взаимосвязи актуализуется вопрос последующего формирования муниципальных агломераций,

появившихся в ходе урбанизации, а также столкнувшихся на сегодняшний день вместе с угрозами экологического характера. Именно поэтому зеленое строительство на сегодняшний день является трендом в урбанизации.

Под зеленым строительством понимается ряд технических, организационных и экономических решений, которые направлены на снижение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду (с момента проектирования здания до сдачи объекта), использование экологически чистых материалов, возобновляемых источников ресурсов при возведении и эксплуатации сооружений, а также создание экологической среды в черте города. Это не только иной уровень проектирования таких сооружений, но и принципиально другая философия урбанизации. Преимущества зеленого строительства представлены на рисунке 1.

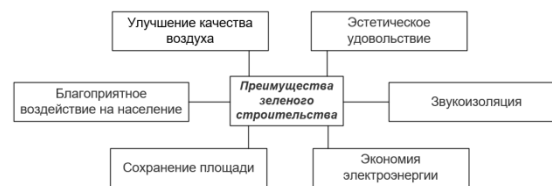


Рисунок 1. Преимущества зеленого строительства.

Наибольший опыт применения зеленого строительства наблюдается в таких развитых странах, как США, Великобритания, Германия, Франция, Сингапур, Япония. При этом в развивающихся странах существует большой рынок «зеленого» строительства. Лидером в области экологического строительства по данным исследований признана столица Объединенных Арабских Эмиратов – Абу-Даби, где существует более 22,4 тыс. «зеленых» зданий.

Россия, в свою очередь, только набирает популярность в данном вопросе, так как применение «зеленых» технологий началось приблизительно 10-15 лет назад. Так, в качестве примеров строительства «зеленых» крыш в Москве можно привести здание Союза Московских архитекторов, коттеджный поселок «EverGreen»; а также озеленение крыши бюро «Новая Земля» и др. Объекты «зеленого» строительства располагаются и в других крупных городах, таких как Санкт-Петербург, Казань, Екатеринбург, Калининград, Тверь, Воронеж.

В научной работе Сысоева Е.В. и Москвитина Л.В. на основании теплотехнических расчетов по всем климатическим зонам России выделяют зоны эффективности применения «зеленых» крыш (рисунок 2). Исследования проводились для конструкции экстенсивного озеленения, с сохранением субстрата и высаживаемых растений в естественных условиях в зимний и летний сезонный период, без организации подогрева кровли.

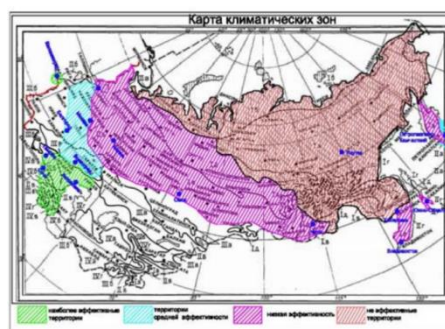


Рисунок 2. Зоны эффективности зеленого строительства для территории России.

Заключением данного исследования является то, что массовое строительство зданий с «зелеными» крышами следует вводить на максимально эффективных территориях, которыми

являются Южный Федеральный округ и Калининградская область, при этом стоимость строительства не будет возрастать, а экономия энерго- и теплоресурсов подтверждается расчетами. Неэффективные территории – это север Уральского ФО, север Сибирского ФО, север Дальневосточного ФО – суровые климатические условия этих регионов пока не позволяют говорить об эффективности «зеленого» строительства на своей территории.

Король Т.О. в своей научной статье отмечает то, что среди главных проблем, препятствующих активному распространению экологического строительства в России, можно назвать медленные процессы улучшения законодательства в сфере энергоэффективности и экологии, а также общее отсутствие понимания важности и необходимости зеленых стандартов как для бизнеса, так и среди представителей государственных структур.

В научной работе Иоффе А.О. предложены рекомендации для правильного функционирования зеленых крыш в условиях севера России, некоторые из которых описаны ниже:

- проведение мониторинга протечек 2 раза в год;
- использование подкормок или биогумуса в субстрате для улучшения качества питания зеленых растений;
- в особо снежный период необходимо удаление лишнего снега для уменьшения нагрузки на здание;
- при проседании слоя субстрата необходима его подсыпка.

Таким образом, для решения проблем, стоящих на пути широкого применения зеленого строительства в России, необходимо соблюдать рекомендации, описанные в проводимых исследованиях, а также рекомендуются такие действия, как внедрение нормативных актов и стимулов, обеспечение образования и профессиональной подготовки, а также содействие заинтересованным сторонам в данной отрасли. Следование этим рекомендациям позволит добиться максимально положительного эффекта урбанизации в России.

Технологическое развитие общества приводит к урбанизации. Жители мегаполисов с плотной городской застройкой теряют связь с природой. Нарушение экологического равновесия провоцирует дефицит зеленого пространства. Оживить место проживания без потери функциональной площади можно вертикальным озеленением. Это современный метод внедрения живых растений, применяемых в помещениях и под открытым небом.

1. Васильева А.А. «Зеленое» строительство как инновационный подход развития строительной индустрии России // Beneficium. 2015. №2 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenoe-stroitelstvo-kak-innovatsionnyy-podhod-razvitiya-stroitelnoy-industrii-rossii>
2. Сысоева Е.В., Москвитина Л.В. эффективность применения «зеленых» крыш на территории России // Инновации и инвестиции. 2021. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-zelenyh-krysh-na-territorii-rossii>
3. Король Т.О. Роль природно-экологических факторов при внедрении зеленых строительных технологий в России // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-prirodno-ekologicheskikh-faktorov-pri-vnedrenii-zelenyh-stroitelnyh-tehnologiy-v-rossii>
4. Иоффе А.О. Технология создания зеленых крыш в условиях севера России // Universum: химия и биология. 2016. №10 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-sozdaniya-zelenyh-krysh-v-usloviyah-severa-rossii>

Золотых З.А., Борецкий Д.С.

Умный город как способ организации городской среды

*СПбГАСУ – Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-633

Статья рассматривает концепцию умного города как инновационного подхода к управлению и организации городской среды с использованием передовых технологий. Авторы анализируют ключевые аспекты умного города, такие как внедрение сенсорных технологий, сбор и анализ данных, облачные вычисления и интернет вещей. В статье также рассматриваются преимущества умных городов, включая повышение эффективности управления ресурсами, улучшение качества жизни граждан, снижение экологического воздействия и увеличение безопасности. Особое внимание уделяется проблемам конфиденциальности и безопасности данных, а также взаимодействию граждан с инфраструктурой умного города. Работа подчеркивает важность партнерства между правительством, бизнесом и обществом для успешной реализации умных городских проектов

Ключевые слова: умный город, развитие, технологии, инфраструктура, интернет вещи.

Abstract

The article explores the concept of a smart city as an innovative approach to managing and organizing the urban environment using advanced technologies. The authors analyze key aspects of a smart city, such as the implementation of sensor technologies, data collection and analysis, cloud computing, and the Internet of Things. The article also discusses the benefits of smart cities, including increased resource management efficiency, improved quality of life for citizens, reduced environmental impact, and enhanced security. Special attention is given to issues of data privacy and security, as well as citizen interaction with smart city infrastructure. The work underscores the importance of partnerships between government, business, and society for the successful implementation of smart urban projects.

Keywords: smart city, development, technologies, infrastructure, Internet of Things.

Введение

В современном мире, на фоне стремительного развития технологий, понятие "умный город" становится ключевым элементом переосмысления и трансформации городской среды. Опираясь на передовые технологии и инновационные подходы, умные города представляют собой не только технологические платформы, но и среды, способные оптимизировать управление, повысить комфортность проживания граждан, а также эффективно использовать ресурсы.

Суть умных городов заключается в интеграции цифровых технологий, интернета вещей, сенсоров и аналитики данных для создания более умной, устойчивой и эффективной городской инфраструктуры. Этот подход привносит инновации в такие области, как транспорт, энергетика, здравоохранение и образование, обеспечивая более качественное взаимодействие граждан с городской средой.

В настоящей статье проанализируем ключевые аспекты концепции умного города, выявим преимущества его внедрения, а также рассмотрим вызовы и перспективы этого инновационного подхода к организации городской жизни. Путем изучения успешных кейсов и примеров реализованных проектов мы стремимся более глубоко понять, как умные города могут стать важным шагом в направлении более устойчивого, современного и гармоничного развития городов.

Развитие умных городов охватывает множество ключевых аспектов, направленных на оптимизацию городской инфраструктуры, управления ресурсами и повышения качества жизни граждан. Некоторые из основных аспектов включают:

Интеграция технологий IoT (Интернет вещей): Внедрение сенсоров и устройств, связанных в сеть, для сбора данных по различным параметрам, таким как транспорт, энергопотребление, состояние инфраструктуры и т.д.

Системы сбора и анализа данных: Разработка мощных систем для сбора, обработки и анализа данных, что позволяет городским управленцам принимать более обоснованные решения и эффективно реагировать на изменения.

Умное управление транспортом: Внедрение технологий для оптимизации движения транспорта, управления парковками, создания эффективных систем общественного транспорта и сокращения транспортных пробок. Опыт городов показывает, что необходимо не увеличивать количество магистралей, а внедрять «умный» транспорт, оснащенный интеллектуальной системой. [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Также умный транспорт включает в себя не только интеллектуальное управление, но и создание систем мониторинга движения, администрирования парковочных мест, автоматической видеофиксации нарушений правил дорожного движения и т. д. [Ошибка! сточник ссылки не найден.].

Энергетическая эффективность: Разработка и внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением, использующих возобновляемые источники энергии, а также оптимизирующих распределение энергии.

Умное управление отходами: Внедрение систем мониторинга, позволяющих эффективно управлять сбором, переработкой и утилизацией отходов.

Цифровизация государственных услуг: Переход к электронным государственным сервисам, обеспечивающим удобство для граждан и повышение эффективности взаимодействия с органами власти. [3]

Безопасность и конфиденциальность данных: Разработка технологий, обеспечивающих надежную защиту данных граждан и инфраструктуры от киберугроз и других угроз.

Создание интеллектуальных городских пространств: Проектирование городских зон с учетом использования технологий для обеспечения комфорта, доступности и безопасности жителей.

Вовлечение граждан: Создание платформ для взаимодействия и обратной связи с жителями, что позволяет учитывать их потребности и предпочтения в процессе принятия решений.

Партнерство между секторами: Содружество правительственных структур, бизнеса и общественных организаций для успешной реализации проектов и обеспечения устойчивого развития умных городов.

Несмотря на многообещающие перспективы, концепция умного города сталкивается с рядом вызовов и препятствий, которые необходимо преодолеть для успешной реализации и устойчивого развития:

Конфиденциальность и безопасность данных: Сбор и хранение больших объемов личных данных граждан представляют серьезные риски в плане конфиденциальности и безопасности. Защита от кибератак, утечек данных и неправомерного использования информации становится критически важной.

Финансирование и инвестиции: Развертывание инфраструктуры умных городов требует значительных финансовых ресурсов. Необходимость в долгосрочных инвестициях и высокие затраты на технологическую модернизацию могут стать преградой для некоторых городов.

Стандартизация: Отсутствие единых стандартов и нормативов для технологий умных городов может затруднить их внедрение и взаимодействие между различными системами.

Социальные и этические вопросы: Процессы автоматизации и использование искусственного интеллекта могут вызывать беспокойство в обществе из-за потенциальных угроз рабочим местам, а также из-за этических вопросов, связанных с контролем и мониторингом граждан.

Управление изменениями: Внедрение умных технологий требует кардинальных изменений в организации городской жизни. Эффективное управление этими изменениями и привлечение общественности к активному участию становятся ключевыми аспектами.

Цифровой разрыв: Неравномерное распределение технологических ресурсов может привести к появлению цифрового разрыва между различными слоями населения и городами. [4]

Экологические аспекты: При внедрении новых технологий возникает риск увеличения энергопотребления и электромагнитного излучения, что может оказать отрицательное воздействие на окружающую среду.

Сложность управления системой: Управление сложными системами умного города требует высокой квалификации персонала и эффективных методов обучения.

Решение этих вызовов требует совместных усилий государства, бизнеса и общественности, а также разработки эффективных стратегий внедрения и управления умными городскими проектами. [5]

Заключение

В заключение, концепция умных городов представляет собой захватывающий путь к формированию более интеллектуальных, эффективных и устойчивых городских пространств. Развертывание передовых технологий, таких как интернет вещей, аналитика данных и автоматизированные системы управления, открывает новые возможности для трансформации нашего образа жизни в городах.

Несмотря на обширные перспективы, следует также признать, что умные города сталкиваются с вызовами, такими как обеспечение конфиденциальности данных, финансовая устойчивость, социальные аспекты и необходимость стандартизации. Преодоление этих препятствий требует не только технической готовности, но и обширного сотрудничества между правительственными структурами, бизнесом и гражданским обществом [**Ошибка! сточник ссылки не найден.**].

Важно подчеркнуть, что умные города не только воплощают технологические инновации, но также предоставляют возможность для улучшения качества жизни, содействия экологической устойчивости и формирования активного взаимодействия с гражданами. Используя эти принципы в разработке и внедрении умных городских стратегий, мы можем стремиться к созданию гармоничных городов, где технологии служат человеческим потребностям, а горожане активно участвуют в формировании своего окружения. Умные города - это не только технологическое достижение, но и шанс для улучшения качества жизни, содействия устойчивому развитию и создания городов будущего.

1. Курбаналиев С.А. Перспективы внедрения системы «Умный город» в городской среде и факторы успеха «умных городов» // Лучшая научная статья 2022. – 2022 – С. 104-106. Цай К.А., Паутова Д.М. Анализ технологий умного транспорта как части экосистемы концепции «Умный город» в городе Владивосток. // Новая экономика, Бизнес и общество. — 2023. — С. 1177-1183.
2. Низамов, Р. К. Умный город. Стратегии умного города / Р. К. Низамов // Цифровая документалистика для всех: Сборник статей победителей и участников студенческого конкурса научно-исследовательских работ / Под ред. И.В. Хажеевой. Том Выпуск 1. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2018. – С. 77-98. – EDN ZFDDID.
3. Расходчиков, А. Н. Искусственный интеллект и "умный город": от цифровизации к городу-инновации / А. Н. Расходчиков // Социально-политические науки. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 47-54. – DOI 10.33693/2223-0092-2022-12-4-47-54. – EDN MVYAQS.
4. Рослова, Е. Ю. Проблемы внедрения концепции «умный город» в города Российской Федерации / Е. Ю. Рослова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2023. – № 1. – С. 273-277. – EDN CSPJCO.
5. Папин, С. Н. Оценка перспектив развития "Умных городов" на примере производственного потенциала города Воронеж / С. Н. Папин, Е. О. Пенина // Ученые записки Тамбовского отделения РoCMY. – 2018. – № 11. – С. 90-102. – EDN YPFTML.

Ким Д.Ф., Мамедов С.Э.

Критерии элитной жилой среды на примере жилого комплекса «Tumar Exclusive»

*Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева
(Казахстан, Астана)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-634

Аннотация

В статье ведется анализ архитектурно- планировочных решений элитного жилого комплекса «Tumar Exclusive» с целью выявления критериев жилых структур данного класса.

Ключевые слова: архитектура, элитный жилой комплекс, архитектурно-планировочные решения, квартира, комната, проектирование.

Abstract

Article analyzes the architectural and planning solutions of the elite residential complex “Tumar Exclusive” in order to identify the criteria for residential structures of this class.

Keywords: architecture, elite residential complex, architectural and planning solutions, apartment, room, design.

В настоящее время из-за роста экономического и социального уровня жизни населения увеличился спрос на недвижимость повышенной степени комфорта. Жилые комплексы, отвечающие на все современные требования к высокому качеству жизни, носят статус «элитный».

На данный момент не было уделено должного внимания проблеме условных и примитивных отличий между классами элитности из-за отсутствия должного количества требований. Данные отличия показывают, что элитный жилой комплекс не имеет должного уровня комфорта, современности и архитектурной проработанности, в сравнении с конкурентами из других стран. Это приводит к более низким экономическим показателям окупаемости, вымиранию архитектурного замысла и, как следствие, численному уменьшению аудитории на локальном рынке недвижимости. По этим причинам должны быть созданы новые архитектурные принципы и правила, которые будут устранять все проблемы, связанные с жилыми комплексами [1].

Путем анализа множества литературных и научных источников, таких как СП РК 3.02-101-2012, можно сделать вывод, что малое количество критериев и требований к современным элитным жилым комплексам создает примитивное представление о структуре их архитектурно- планировочных, архитектурно- композиционных и инженерно-технических решений.

Многие высотные жилые комплексы искусственно повышают свой класс комфортности и «компенсируют» нехватку придомовой территории в основном за счет развитой инфраструктуры района города, в виде парков, бульваров, общественно значимых культурных мест, школ и детских садов, больниц [2].

На примере изучения жилого комплекса Tumar Exclusive мы попытаемся разобраться с ключевыми проблемами данного класса жилья.

Данный элитный жилой комплекс находится в городе Астана на пересечении улиц А. Токпанова и переулок Тасшоқы. Исходя из ТЭП- ов эскизного проекта данного объекта, общая площадь участка составляет 0.73 га. , а площадь застройки 4980 кв. м. Проектируемый участок состоит из одного двора с блоками этажностью 1, 2, 7, 9, 16 этажей. Комплексы имеют надземный одноэтажный паркинг с эксплуатируемой кровлей. Эксплуатируемая кровля по стилобату представлена благоустроенными дворами в составе: детских площадок, спортивных площадок, зон для отдыха жителей комплекса. По эксплуатируемой кровли паркинга , которая является двором, предусмотрено озеленение. В блоках на уровне 1-го этажа расположены встроенные помещения коммерческого назначения высотой 6.0 м. Также между жилыми блоками расположены отдельностоящие коммерческие здания высотой 4.2 м. Высота типовых жилых этажей составляет 3.3 м. Архитектурный облик проекта выполнен в ярких цветах, что отражается на положительном визуальном восприятии комплекса как с человеческого масштаба, так и в композиции близрасположенных жилых новостроек. Количество парковочных мест в паркинге составляет 216, а общее количество квартир 170 (Рис 1).



Рисунок 1. Элитный жилой комплекс «Tumar Exclusive».

Исходя из анализа архитектурно– планировочных решений, можно заметить определенное количество ошибок и недостатков, которые не дают данному жилому комплексу возможность иметь статус «элитный». В квартирах многих из блоков отсутствуют такие важные комнаты, как мастер– спальни, гардеробные у входной двери, вместо них есть места для шкафов; несоответствие заявленным квадратурам комнат для данного класса жилья: по данным СП РК 3. 02- 101- 2012, размер жилой площади на 1- го человека для 1- го класса элитности должна составлять не менее 25 кв. м. ; минимальная площадь кухонных помещений не менее 18 кв. м. ; прихожие в квартирах не имеют элитного расположения в квартире и имеют малую квадратуру; типовые санитарные узлы; примитивное функциональное зонирование и взаимосвязь помещений; наличие летних помещений (балконов, террас, лоджий, веранд) должно быть по количеству комнат, включая кухонные помещения, в соответствии со зданием; квартиры со свободной планировкой для возможности соответствия требованиям функционального зонирования по желаниям для жильца (Рис. 2).



Рисунок 2. План типового этажа, блок 2. Из эскизного проекта № 20016567 от 28. 10. 2022г.

Также можно заметить избыточное количество квартир на этаже, которое создает дополнительный дискомфорт для жителей в виде шума и загруженности лифта. Это происходит вследствие наличия однокомнатных жилых помещений. Также в коридоре на лестничной площадке отсутствуют места для колясок.

Но также, при анализе данного элитного жилого комплекса, было замечено большое количество достоинств, которое и выделяют его относительно других домов:

Наличие дополнительных блоков с квартирами большой квадратуры. Это является идеальным решением разделения однокомнатных и двухкомнатных квартир от трехкомнатных, что приведет к градации степеней элитности в жилом комплексе. Данная идея позволит структурировать уровень комфорта между жильцами в соответствии с социально- экономическим статусом.

Архитектурно– планировочные решения для элитного класса жилья должны включать в себя планировку с большим разнообразием дополнительных комнат, которые несут определенные функции. В данном жилом комплексе присутствуют прачечные и кладовые комнаты в трёхкомнатных квартирах.

Разнообразие планировок тоже играет важную роль в структуре элитного жилья. Это создает большой выбор квартир для жильца, которые могут соответствовать его желаниям и требованиям. Помимо блоков с квартирами большой квадратуры также присутствуют и двухуровневые квартиры с гостиными высотой в два этажа.

В многоэтажных жилых зданиях предпочтительнее проектировать планировочную структуру так, чтобы иметь хоть одно помещение, смотрящее на юг. Не жилые же помещения чаще ориентируют на север, тем самым обеспечивая уменьшение энергозатрат. Инсоляция спален проходит за счет применения верхнего света с южной стороны, а тепло благодаря теплым полам [3].

Следует подчеркнуть, что план дома, в котором хотя бы одна квартира обращена целиком на север или лишена солнца из-за отбрасываемой на нее тени, должен быть решительно отвергнут. Необходимо требовать от проектировщиков проект, наглядно показывающий, что и в зимнее солнцестояние инсоляция будет проникать в каждую квартиру ежедневно в течение минимум двух часов. Расположение данного элитного жилого комплекса имеет оптимальный угол и размер окон для прохождения инсоляции, что позволит жильцам в дневное время получать нужное количество солнечного света [4].

Данное исследование по выявлению достоинств и недостатков элитного жилого комплекса проводится с целью получения информации о наличии существующих критериев для данного класса жилья. Это позволит сформировать новые требования, которые улучшат архитектурно– планировочные решения элитных жилых комплексов.

1. Ниязова Е. М. , Нуркушева Л. Т. Новый подход в проектировании планировочных структур схем жилых ячеек при условиях пандемийной безопасности // Вестник КазГАСА. – 2023. – №1(87). – С. 87-98.
2. Мамедов С. Э. Перспективы развития высотных жилых комплексов на примере города Нур- Султан // Вестник КазГАСА. – 2020. – №4(78) – С. 80-85.
3. Суранкулов Ш. Ж. , Жадрасынова Б. Д. Архитектурно– планировочные решения жилых зданий с возобновляемыми источниками энергии // Вестник КазГАСА. – 2019. – №3(79). – С. 106-111.
4. Корнилова А. А. , Мамедов С. Э. Инсоляция жилых помещений в современной городской структуре // Вестник КазГАСА. – 2018. – №3(69). – С. 45-49.

Корнилова А.А., Литвинова М.С.

Стратегическое планирование развития городов. Актуальные аспекты

*Казахский научно-исследовательский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина
(Казахстан, Астана)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-635

Аннотация

На основе зарубежного опыта в статье выявлены ключевые моменты, которые могут быть применены в градостроительной практике других стран, а также предложены способы стратегического планирования, которые способны оказать влияние на формирование более устойчивых и качественных городов.

Ключевые слова: планирование, стратегия, градостроительство, устойчивое развитие, качество жизни, инфраструктура.

Abstract

Based on foreign experience, the article identifies key points that can be applied in the urban planning practice of other countries, and also proposes methods of strategic planning that can influence the formation of more sustainable and high-quality cities.

Keywords: planning, strategy, urban planning, sustainable development, quality of life, infrastructure.

В системе градостроительного управления планирование применяется для формулирования и достижения текущих и перспективных целей территориального развития, а также в процессе разработки системы плановых документов, способных обеспечить практическую реализацию заданных целей.

Стратегическое планирование градостроительного развития – ключевой инструмент, который способствует адаптации городов к изменяющимся условиям и улучшению инфраструктуры. В условиях глобализации нам доступен опыт удачного применения различных стратегических решений, использованных в других странах. Зарубежный опыт в этой области представляет собой богатый источник положительных и отрицательных примеров, которые могут быть адаптированы и применены в другом контексте.

В процессе проведенного исследования был выявлен ряд аспектов, влияющих на стратегическое планирование градостроительного развития, к основным из которых можно отнести:

1. Участие общественности в градостроительном развитии.
2. Устойчивое развитие градостроительного планирования.
3. Внедрение инновации и цифровизации в структуру города.
4. Внедрение демографического принципа в стратегию планирования развития города.
5. Учет и сохранение культурной и социальной идентичности.

Участие общественности в градостроительном планировании подразумевает активное включение жителей, местных сообществ и заинтересованных сторон в процесс определения целей, приоритетов и решений, касающихся развития города. Этот подход призван обеспечить более широкую демонстрацию потребностей населения, а также способствует созданию городской среды, соответствующей ожиданиям граждан.

Копенгаген, столица Дании, известен своей успешной моделью участия общественности в процессах градостроительного планирования. Здесь проводятся обширные общественные слушания по всем важным аспектам городского развития. В качестве примера можно рассмотреть транспортную инфраструктуру города. В ходе развития города было проведено большое число социальных опросов, где жители могли выразить свои мнения и предложения по улучшению городской мобильности, а также организованы общественные консультации. Такая практика привела к созданию более безопасных велосипедных дорожек и пешеходных зон и способствовала улучшению качества общественного транспорта.

В Портленде, штат Орегон, в США, также активно практикуются инициативы по участию общественности в планировании города. Здесь разработана уникальная программа, которая обеспечивает сбалансированное участие местного населения, представителей бизнеса и правительства в процессе улучшения градостроительной ситуации. Одним из наиболее успешных можно считать местный проект "Зеленые крыши", воплощенный в реальность благодаря сотрудничеству горожан, архитекторов и местных властей. Эти крыши стали уникальными общественными пространствами, где жители могут отдохнуть, насладиться видом на город, а также принять участие в выращивании растений.

Многие зарубежные страны активно интегрируют принципы *устойчивого развития* в свои стратегии градостроительного планирования. Одним из наиболее видных примеров в этой области можно назвать город Осло – столицу Норвегии. В 1998 году группой научно-исследовательских институтов Норвегии было проведено исследование "Человек, окружающая среда и качество жизни". В рамках данной междисциплинарной программы была проведена оценка влияния окружающей среды на качество жизни человека. Были затронуты такие сферы науки, как социология, экономика, психология, антропология, архитектура, охрана природы и т.д. Согласно результатам исследования, качество жизни горожан должно закладываться на самых ранних этапах проектирования в области строительства и благоустройства города. Теперь городские власти проводят активную политику сохранения озеленения в городских агломерациях. На первое место выдвинута необходимость сохранения зеленых зон в черте города, так как именно они оказывают

наибольшее влияние на качество жизни жителей города. Важным фактором обеспечения высокого уровня жизни в Норвегии можно назвать высокие требования к энергоэффективности городов и разумному потреблению ресурсов.

На современном этапе зарубежные города проходят этап активного *внедрения инновационных технологий и концепций в структуру города*. Программа «умного города» - яркий пример, иллюстрирующий уровень развития современных технологий. Страны-лидеры цифровизации, такие как Китай и Сингапур, активно внедряют их в градостроительную систему. Опыт Сингапура, правительство которого уже успешно реализовало концепцию «умного города», особо важен в этом вопросе. Внедренный автоматический сбор и анализ данных о транспортной структуре, энергозатратах и других аспектах города способствует повышению качества обслуживания населения и улучшает управление городскими системами. Подобные технологии становятся новым трендом развития урбанистики. Кроме того, Сингапур выступил инициатором создания сети умных городов, и именно местный опыт применения инноваций в области развития умных городов определяет мировые и региональные тренды градостроительства.

По мере развития города может возникнуть проблема неконтролируемого роста населения. При отсутствии корректной стратегии градостроительного развития это оказывает повышенную нагрузку на транспортную систему города, жилые и общественные районы, что приводит к низкому качеству уровня жизни населения. Зарубежный опыт показывает, что в стратегию планирования города могут быть *заложены механизмы для управления ростом населения* и предотвращения проблем, связанных с перенаселением и потерей качества жизни.

Один из наглядных примеров – создание городских кварталов, способствующих устойчивому и комфортному развитию города, в Стокгольме, Швеции. Городские кварталы в Стокгольме спроектированы сомасштабно его жителям и соответствуют «правилу 15-ти минут». Другими словами, все необходимые обычно жителю учреждения и заведения расположены не далее, чем в 15-ти минутах ходьбы от его дома. Здесь расположены офисы, магазины, рестораны, парки, спортивные площадки и культурные центры – это позволяет жителям находить всё необходимое в пределах своего квартала. Такой подход способствует сокращению долгих поездок и уменьшению нагрузки на транспортную систему, а также помогает регулировать экологическое состояние города.

В зарубежных городах превалирует активная *работа над сохранением и подчеркиванием своей социокультурной идентичности*. Это включает в себя мероприятия по сохранению и реставрации исторических памятников, а также создание общественных мест, способствующих сохранению и поддержанию культурного наследия.

Так, в Венеции, Италия, можно проследить большой опыт в области сохранения культурного наследия города. Город имеет богатую историю, поддержание памятников искусства в надлежащем состоянии способствуют его общему развитию. Кроме того, эта практика позитивно сказывается на туристической жизни города, что, в свою очередь повышает его экономическое состояние. Данный опыт стратегического планирования градостроительного развития иллюстрирует методы, которые могут быть адаптированы и применены в других городах и странах. При этом необходимо отметить, что каждый город имеет свои уникальные потребности и характеристики и исторический контекст. При отсутствии учета региональных факторов и особенностей, методы, удачно применимые в стратегическом планировании одного города, могут стать причиной градостроительной проблемы в другом населенном пункте, и наоборот.

Зачастую города становятся очагами возникновения экологических, социально-экономических и других проблем, но, в то же время, остаются местом сосредоточения основной массы жителей, обеспечивая их нужды и закрывая потребности. Стратегическое планирование развития города - это комплексный процесс, способный привести не только к решению, но и предотвращению городских проблем, направленный на улучшение условий жизни населения. Положительные результаты достигаются путем выстраивания оптимального социально-экономического, демографического и экологического развития, за счет рационального использования экономических, географических и экологических ресурсов, а также при корректно выявленных предельно допустимых нагрузках на окружающую среду.

Таким образом, идеи устойчивого развития, цифровизации, участия общественности и социокультурной идентичности целесообразно использовать в процессе стратегического планирования современного города. Соответственно, грамотно спланированное стратегическое развитие города позволит ему выступать в качестве самостоятельного субъекта устойчивого развития.

1. Корнилова А.А., Мамедов С.Е.О., Карабаев Г.А., Хоровецкая Ю.М., Лаптева И.В. Выявление региональных факторов, влияющих на управление территориями: формирование системы проживания и социальной инфраструктуры в городских и сельских поселениях Казахстана - Журнал «Экологический менеджмент и туризм», 2022, 13(8), с. 2248-2254
2. Салет В. и Альбрехтс Л. Стратегическое пространственное планирование и долгосрочная перспектива. Окружающая среда и планирование В: Планирование и дизайн, 2010, 37 (4), с. 606–610.
3. Корнилова А.А., Хоровецкая Ю.М., Мамедов С.Е., Оспанов Т.З., Сарсембаева Д.Ю. Управление территориями: Градостроительное и рекреационное планирование населенных пунктов Республики Казахстан во второй половине XX века. О Журнал экологического менеджмента и туризма, 2019, 10(6), с. 1295-1302.
4. Харрисон Дж. и Доннелли И.А. Проектирование возрождения: проблемы и трудности для городского планировщика и городского проектировщика. Urban Design International, 2011, 16 (3), с. 217–227.
5. Хили, П. Обращение к пространству и месту в новом стратегическом пространственном планировании в Европе. Международные исследования планирования, 2016, 21 (1), с. 17–29.

Мамедов С.Э., Орынтай Г.Ж.

Архитектурно-градостроительный анализ квартальной застройки в городе Астана в 1950-х годах

*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
(Казахстан, Астана)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-636

Аннотация

В советское время Астана строилась по квартальной застройке, сделав анализ можно заметить отрицательные и положительные архитектурно-градостроительные решения. В этой статье авторы рассмотрели все проблемы квартальной застройки.

Ключевые слова: квартальная застройка, территориально-функциональная бессвязность, низкая степень социального комфорта, генплан города Астана.

Abstract

In Soviet times, Astana was built on a block-by-block basis, and by analyzing it, one can notice negative and positive architectural and urban planning decisions. In this article, the authors examined all the problems of neighborhood development.

Keywords: quarterly development, territorial and functional connectivity, low degree of social comfort, general plan of Astana.

Главные исторические особенности города Астаны связаны с событиями его возникновения более 200 лет назад, а в новейшей истории - с определением этого города - как областного центра целинных и залежных земель в конце 50-х – начале 60-х годов, и переноса столицы молодого независимого государства Казахстан.

История развития города последних двух столетий не имеет системного освещения с точки зрения эволюции планировочной структуры и застройки.

Конец XIX – начало XX века были для Акмолинска своего рода периодом архитектурного расцвета. Именно в этот период в Акмолинске были построены здания, отличавшиеся художественным вкусом, достойные сохранения, как имеющие историко-культурную ценность, памятники строительного искусства рубежа XIX и XX веков.

С 1957 года застройка стала регулироваться генеральным планом, разработанным проектным институтом Казгипрогорсельстрой (главный архитектор проекта Е.Дятлов). Генеральный план предусматривал укрупнение кварталов и совершенствование улично-дорожной сети с учетом новых градостроительных условий, требований и нормативов.

Генеральным планом была заложена идея территориального зонирования и линейно-полосового развития города. В эти годы начал формироваться своеобразный архитектурный облик застройки ул. Мира (ныне Бейбитшилик), Карла Маркса (ныне Кенесары), Монины (позднее Акжайык, ныне Есенберлина). Фронт этих улиц образовывался капитальными 3-4 этажными жилыми домами, выполненными в едином стиле с украшением фасадов зданий элементами классического декора – пилястрами, колонками и сандриками, а фронтонов – лепными и резными картушами с использованием мотивов советской эмблематики и геральдики.

Город делился на несколько частей (Крепость, Слободку, Казачью станицу и Город), рассеченных прямоугольной сеткой улиц на мелкие кварталы. В центральной ее части были построены здания городской управы, новый каменный гостиный двор и пожарная каланча. Основная застройка была представлена саманными и деревянными домами. Добротные каменные и деревянные здания располагались на главных улицах и площади.

Железнодорожное ведомство стали строить двухэтажные и секционные дома (ул. Гете, Либкнехта, Карасай батыра) для семей железнодорожников, школы, детские учреждения, клубы и больницы.

Акмолинск 30-40 годов, вплоть до 1956 года разрастался стихийно в восточном и западном направлениях вдоль линии железной дороги, образуя новые районы мелкоквартальной усадебной застройки.

С началом освоения целинных и залежных земель Амолинск, оказавшись в центре целинных событий, пережил очередной строительный бум и рост численности населения. За шесть лет (1954-1960) количество жителей города увеличилось с 77 до 129 тысяч человек. В 1961 году Акмолинск был переименован в город Целиноград и приобрел статус столицы Целинного края. В период с 1961-1969г.г. главным архитектором Целинограда был Нурмагамбетов Ергали Болсбекович.

Особый вклад в застройку Целинограда внесли строители Москвы и Ленинграда, которые только в 1961 году построили и ввели в эксплуатацию 650 квартир, 4 пятиэтажные школы. С 1963 года застройка и развитие города стало вестись в соответствии с проектом генерального плана, разработанного творческим коллективом проектного института «Ленгорстройпроект» под руководством архитектора Г. Гладштейна. В основу территориального развития города была положена поточно-функциональная схема планировки, разработанная в 30-е годы прошлого столетия бывшим наркомом СССР Н. Милютиным.

Согласно этой схеме, территория города разбивалась на функциональные зоны, и эти зоны располагались параллельными полосами в следующем порядке: 1) производственно-складская и коммунальная зона; 2) железнодорожные пути; 3) жилая зона; 4) парково-рекреационная; 5) пригородная сельскохозяйственная зона. Схема в наибольшей степени учитывала и приспособлялась к особенностям рельефа, гидрографии и природно-климатическим условиям местности. В частности, промышленно-складскую зону предлагалось разместить за железнодорожными путями с наветренной от жилой зоны стороны. Таким образом, планировочными средствами решалась проблема защиты жилой зоны от влияния и воздействия производственных вредностей промышленных предприятий.

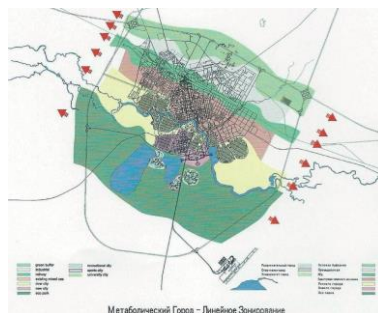


Рисунок 1. Поточно-функциональная схема планировки города Астана.
1-производство; 2- железнодорожные пути; 3- жилая зона; 4- река; 5- парк.

В старой части жилой зоны города авторы генерального плана предпочли целесообразным сохранить квартальную застройку с прямоугольной сеткой улиц, при этом по возможности укрупнили кварталы и расширили проезжую часть улиц. В новых жилых районах применили микрорайонную застройку, считавшуюся в то время наиболее перспективной.

Развитие микрорайонов, характеризующееся жилыми и коммерческими комплексами, инфраструктурой и общественными пространствами, стало ключевым аспектом превращения Астаны в столицу.

Целиноград застраивался по самым передовым для того времени приемам и правилам, его архитектурный облик не отличался особой выразительностью. Причиной такого диссонанса между архитектурным обликом и градостроительным решением города явились жесткие установки, сформулированные в Постановлении «О борьбе с излишествами в архитектуре», принятом ЦК КПСС и Советским правительством в 1954 году. Запрет на использование «художественных излишеств», переход на типовое проектирование и индустриальное домостроение лишили архитекторов возможности проявления своих художественно-композиционных способностей, ограничили им поле творческого поиска, что привело, в конечном счете, к однообразию и монотонности застройки советских городов, в том числе и Целинограда. Целые микрорайоны и улицы города были застроены однотипными, не обладающими архитектурной выразительностью 5-ти этажными панельными домами индустриального изготовления.

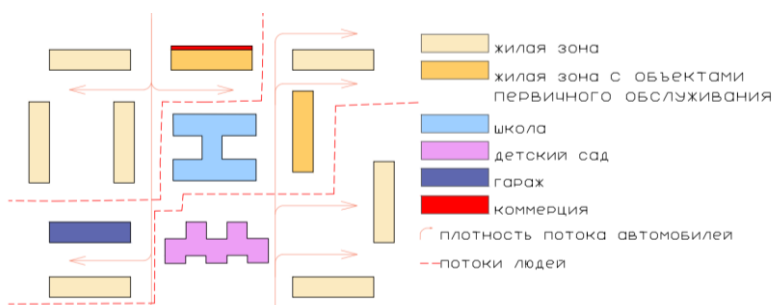


Рисунок 2. Концептуальная схема архитектурно-градостроительной организации микрорайона 1950-х годов в городе Астане сделанная авторами.

В результате анализа были определены отрицательные и положительные архитектурно-градостроительные решения.

Отрицательные:

- отсутствие территориальных границ между жилыми домами;
- низкая степень транспортной доступности (тупиковая система дорог);
- градостроительное (горизонтальное) функциональное зонирование;
- минимальная обеспеченность общественными функциями;
- отсутствие деловой функции;

- низкая степень архитектурно-художественной выразительности и объемно-пространственной композиции;
- пересечение транспортных и пешеходных потоков;
- не развитость придомовых пространств (только качели и брусья)

Положительные:

- общественное взаимодействие (когда жители с одного дома идут в другой двор);
- формирование социальных точек притяжения (школа, один магазин);
- санитарно-гигиенические условия (инсоляция и проветривание дворовых территорий);
- озеленение пространств и улиц;
- небольшие площади асфальтового покрытия;
- связь квартала с городской структурой (формирование происходило от генплана к кварталу затем к дому).

В результате анализа данного исторического этапа формирования жилой среды были определены основные архитектурно-градостроительные решения, которые влияют на степень комфортности селитебной территории. Полученные результаты могут позволить улучшить существующие и перспективное состояния жилых структур.

1. Иванова О.А., ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗА АСТАНЫ – НОВОЙ СТОЛИЦЫ КАЗАХСТАНА// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С-100
2. Чиканаев А.Ш. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН АСТАНЫ: ЧТО И ПОЧЕМУ ПОШЛО НЕ ТАК? / Нур-Султан, 2020 г. - 182стр
3. Лаптев В. Как развивается процесс реализации генерального плана новой столицы // Кумбез. 2001. № 3–4. С.4.

Назарова Е.Ю.

Вариантное проектирование железобетонного перекрытия общественного здания

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-637

Аннотация

В данной статье рассмотрены важные этапы вариантного проектирования железобетонного перекрытия общественного здания. Такое проектирование представляет собой многогранный процесс, который включает в себя анализ технико-экономических показателей и обоснование возможных проектных решений. Такая комплексная оценка и выбор оптимальных решений способствуют созданию сложных и уникальных зданий, которые будут служить долгое время.

Ключевые слова: вариантное проектирование, железобетонное перекрытие, общественное здание, безопасность, технико-экономические показатели, проектное решение, характеристики.

Abstract

This article discusses the important stages of the variant design of the reinforced concrete floor of a public building. Such design is a multifaceted process that includes an analysis of technical and economic indicators and justification of possible design solutions. Such a comprehensive assessment and selection of optimal solutions contribute to the creation of complex and unique buildings that will serve for a long time.

Keywords: variant design, reinforced concrete floor, public building, safety, technical and economic indicators, design solution, characteristics.

Общественные здания - это ограниченное архитектурное пространство, предназначенное для временной или постоянной общественной жизни людей. Железобетонные конструкции часто принимают при строительстве общественных зданий, так как они достаточно функциональны, что делает их идеальным выбором при строительстве.

Существует вариантное проектирование железобетонного перекрытия общественного здания. Такое проектирование помогает в выборе оптимальных решений с учетом различных факторов и параметров, то есть проводится технико-экономическая оценка и обоснование возможных проектных решений для строительства зданий. Рассмотрим подробнее данные методы.

Технико-экономическая оценка подразумевает собой проведение расчетов, которые описывают разные варианты проектных решений с целью выбора наиболее подходящего варианта.

Первым шагом будет определение всех требований, схем и размеров зданий, а также их нагрузок, которое оно должно выдержать:

- Статические нагрузки (общий вес конструкции, нагрузки от мебели и т.д.);
- Динамические нагрузки (ветровые и сейсмические).

Стоит отметить, что важно учесть возможные изменения нагрузок, так как общественные здания могут сменить свое назначение.

Следующим этапом является определение и расчет конструктивных характеристик: материал перекрытий и стен, конструктивная система, расчет элементов зданий и т.д. Существует несколько типов перекрытий (монолитное или сборные, проектные), но у каждого из типов есть свои преимущества и недостатки, поэтому выбор конкретного типа зависит от заданных условий.

Такой расчет должен учитывать не только статические и динамические нагрузки, но также и дополнительные факторы, такие как: возможная вибрация, влияние агрессивных сред и т.д.

Помимо этого, общественные здания должны соответствовать не только по функциональности, но и по внешнему виду (эстетический требования и дизайн), поэтому необходимо учитывать визуальные аспекты, цветовую гамму, отделочные материалы.

С растущим вниманием к экологической обстановке, при вариантном проектировании следует также обращать внимание на возможность уменьшения экологического воздействия строительства. Например, использование экологически чистых материалов, снижения отходов, расчет наиболее эффективной теплоизоляции для снижения энергопотребления в будущем.

При технико-экономической оценке вариантного перекрытия железобетонных перекрытий стоит учитывать проектирование систем безопасности из-за своей немалой значимости. Перекрытие должно соответствовать всем необходимым нормам безопасности, включая пожарную безопасность и устойчивость к аварийным ситуациям.

Ключевыми финансовыми показателями при технико-экономической оценке являются единовременные затраты на строительство, текущие (эксплуатационные) расходы и приведенные затраты.

Единовременные затраты на строительство – это инвестиции для начала реализации проекта. Оценка таких затрат важна, чтобы в первую очередь определить структуру финансирования проекта.

Единовременные затраты на строительство определяются формулой 1:

$$C_{зд} = C_{op} + C_m \quad (1)$$

где C_{op} – стоимость общестроительных работ; C_m – стоимость монтажных работ.

Текущие (эксплуатационные) расходы – затраты, связанные с эксплуатацией и обслуживанием проекта после его завершения, которая необходима для определения стоимости поддержания проекта в рабочем состоянии.

Текущие (эксплуатационные) расходы могут определяются формулой 2:

$$C_{э.зд.} = C_{ам} + C_{тр} + C_{л} + C_{у} + C_{э.о} + C_{о} + C_{в}, \quad (2)$$

где $C_{ам}$ - амортизационные отчисления на восстановление и капитальный ремонт; $C_{тр}$ - затраты на текущий ремонт; $C_{л}$ - затраты на содержание лифтов; $C_{у}$ - расходы по уходу за зданием и территорией; $C_{э.о}$ - затраты на электроосвещение; $C_{о}$ - затраты на отопление,

Полные приведенные затраты- сумма всех затрат, связанных с проектом, учитывая их временное распределение и позволяя сравнивать разные проекты на общих условиях.

Полные приведенные затраты могут определяются формулой 3:

$$П = K + E_H \cdot K' + E_H \cdot K'' + C_{эзд} \cdot T \quad (3)$$

где K - единовременные затраты (капитальные вложения на строительство или сметная стоимость здания), руб.; K' - капитальные вложения в производство строительных материалов и конструкций, руб./год; K'' - капитальные вложения в основные производственные фонды строительных организаций руб./год; E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; $C_{эзд}$ - годовые эксплуатационные затраты руб./год; T - нормативный срок окупаемости капитальных вложений.

Таким образом технико-экономическая оценка базируется на различных параметрах, и выбор оптимальных решений зависит от сравнения этих показателей и их сопоставление между собой или с лучшими аналогичными проектами. Также для обеспечения корректной оценки сравниваемых результатов необходимо учитывать условия их сопоставимости, но общим правилом является их взаимозаменяемость, что обеспечивает справедливое сравнение разных вариантов проектных решений.

Такие сравниваемые варианты помимо вышеперечисленных параметров должны иметь еще схожую конструктивную систему, ориентируясь на отдельное сравнение объемно-планировочных характеристик и конструктивных аспектах.

Такой дифференциальный анализ помогает инженерам принимать обоснованное решение, обеспечивая оптимальное решение для каждого отдельного случая строительства общественных зданий.

В конце вариантного проектирования железобетонного перекрытия общественного здания следует провести пересмотр всех вариантов и выбрать решение на основе всех вышеуказанных факторов и условий, и при необходимости внести корректировки в проект.

Вариантное проектирование железобетонного перекрытия общественного здания - сложный процесс, требующий тщательного анализа и расчетов отдельных параметров. Только правильное выполненное проектирование позволяет создать не только функциональное, но и безопасное, экологически устойчивое эстетичное перекрытие, которое будет служить долгие годы, удовлетворяя все потребности здания.

1. Инструкция, по технико-экономической оценке, проектов жилых домов и общественных зданий и сооружений для конкретных условий строительства. СН 546-82. Госгражданстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 22 с.
2. Руководство по выбору проектных решений в строительстве. НИИЭС Госстроя. ЦНИИПРОЕКТ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 104 с.
3. Гершман Ж.М. Экономика проектных решений и строительства / Ж.М. Гершман, Т.Н. Кравец. – М.: Стройиздат, 1983. – 271 с.
4. Методические указания по технико-экономическому обоснованию вариантов объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных и гражданских зданий при разработке архитектурного раздела в

дипломных проектах. Для студентов специальности 1202 (ПГС) и 1205 (СХС) ВИСИ; сост. Ф.М. Савченко. – Воронеж, 1982. – 24 с.

Назарова Е.Ю.

Железобетонные перекрытия: сравнение эффективных форм

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-638

Аннотация

Данная статья посвящена обзору различных форм железобетонных перекрытий и их эффективное использование в строительстве зданий и сооружений. Статья обращает внимание на то, что каждая из форм железобетонных перекрытий имеет свои достоинства и ограничения, поэтому правильный выбор формы поможет оптимизировать устойчивое строительство.

Ключевые слова: железобетонные перекрытия, форма, эффективность, выбор, монолитные перекрытия, сборные перекрытия, совмещенные сборно-монолитные перекрытия.

Abstract

This article is devoted to an overview of various forms of reinforced concrete floors and their effective use in the construction of buildings and structures. The article draws attention to the fact that each of the forms of reinforced concrete floors has its advantages and limitations, so choosing the right shape will help optimize construction.

Keywords: reinforced concrete floors, shape, efficiency, choice, monolithic floors, prefabricated floors, combined prefabricated monolithic floors.

Железобетонные перекрытия (далее ЖБ) - важный элемент в строительстве. Они представляют собой горизонтальные конструктивные элементы, состоящие из бетона и арматуры, служащие для восприятия нагрузок и передачи их на вертикальные конструктивные элементы. Такие конструкции имеют ряд преимуществ относительно других типов конструкций, но эффективность их использования напрямую зависит от правильного выбора типа ЖБ конструкций в зависимости от условий проекта. В данной статье рассмотрим эффективные виды железобетонных перекрытий и их классификацию.

Существует множество различных вариаций железобетонных перекрытий, которые могут быть условно разделены на следующие группы (Таблица 1)

Таблица 1

Типы ЖБ перекрытий.

<i>Параметр</i>	<i>Тип перекрытия</i>
<i>По способу возведения</i>	— <i>Сборные</i>
	— <i>Монолитны</i>
	— <i>Совмещенные сборно-монолитные</i>
<i>По сортаменту</i>	— <i>Готовые заводские модификации</i>
	— <i>Выполняемые на рабочей площадке</i>
<i>По функциональному назначению здания</i>	— <i>Жилые</i>
	— <i>Промышленные объекты</i>
	— <i>Объекты инженерной инфраструктуры</i>
<i>По виду бетона</i>	— <i>Железобетон</i>
	— <i>Газобетон</i>
	— <i>Керамзитобетон</i>
	— <i>Полистиролбетон</i>
<i>По месту расположения</i>	— <i>Междуэтажное</i>
	— <i>Чердачное</i>
	— <i>Цокольное</i>
<i>По внутренней структуре</i>	— <i>С пустотами</i>
	— <i>Без пустот</i>

По методу опирания	<ul style="list-style-type: none"> — на 4 стороны (по контуру) — на 3 стороны — на 2 противоположные стороны
--------------------	---

Рассмотрим три основных вида железобетонных перекрытий:

- Сборные;
- Монолитные;
- Сборно-монолитные.

Сборные перекрытия собираются непосредственно на производстве за что и получили свое название. Стоит отметить, процесс создания вязанной плиты куда более трудоемкий.

Сборные ЖБ плиты могут иметь разные конструкции, например, они могут быть выполнены из настилов, что делает их вес более легким в отличие от более широких покрытий; могут иметь малоразмерное заполнение или напротив покрывать всю площадь помещения; могут быть многопустотными (содержат внутри полые пристратна, а основной служит – арматурный каркас).

Сборные ЖБ перекрытия обладают следующими преимуществами:

- Изготавливаются на заводе и проводят лишь подготовительные работы на стройплощадке, что существенно экономит время на строительство объекта;
- Они обеспечивают более высокую степень качества за счет контроля производства;
- Чаще изготавливают с использованием натяжки арматурных стержней, что повышает их прочность от нагрузки;
- Такие элементы могут иметь разные пространственные формы, что делает их более гибкими к архитектурным проектам;
- Более легки в обслуживании и ремонте, так как при необходимости они легко заменяемы без разрушительных работ.

Таким образом, сборные железобетонные перекрытия остаются одним из наиболее популярных эффективных способов строительства, обеспечивая экономичность и прочность.

Разновидностями сборных перекрытий являются ребристые П-образные и кессонные варианты. Например, наиболее эффективным является кессонный вариант, если строительный проект направлен на большое скопление людского потока (массивные здания).

Монолитные перекрытия – заливаются непосредственно на стройплощадке в процессе строительства. Монолит восприимчив к вибрациям и механическим воздействиям, что делает его незаменимым в сейсмически активных регионах. Бетонные поверхности хорошо отталкивают воду и не относятся к самовоспламеняющимся и пожароопасным. Монолитные перекрытия делятся на:

- Балочные – для зданий с пролетом вертикальных несущих конструкций - более 6 м;
- Безбалочные – для зданий с пролетом вертикальных несущих конструкций - 6 м и меньше;
- Ребристые – больше 6м², состоят из главных и второстепенных балок.
- Также есть типы монолитных плит, как:
- Классическая (полнотелая);
- По профлисту (с применением несъемной опалубки в виде профилированного листа);
- Чашеобразная (обычная или перевернутая);
- Шведская (с гидроизоляцией);
- Кессонная.

Сборно-монолитные железобетонные перекрытия (рис. 1) представляют собой монолитную конструкцию, собранную с использованием балочно-блокового каркаса,

который можно приобрести по отдельности или в виде ЖБ-комплекта. Они обладают более высокой прочностью и плотностью, что делает их подходящими для использования в регионах с высокой сейсмической активностью. Существуют не только ЖБ-блоки, но и пенобетонные и керамзитобетонные в сочетании с балками, они более популярны в частном строительстве из-за своего низкого веса. Но все-таки стандартные сборно-монолитные железобетонные перекрытия более эффективны и чаще используются.

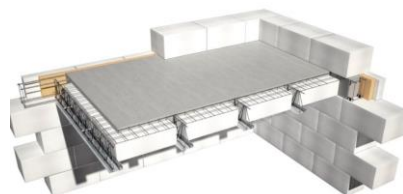


Рисунок 1. Сборно-монолитные железобетонные перекрытия.

Распространены эффективные формы железобетонные перекрытий:

- Плиты перекрытия с пространственными ребрами – эта такая форма перекрытий, которая имеет внутренние пространственные ребра, что позволяет снизить вес конструкции, при этом обеспечивая хорошую жёсткость и распределение нагрузки. Такая форма позволяет создать высокие здания без увеличения толщины материалов, а также сэкономить бетон и арматуру, что с свою очередь снижает затраты на строительство;
- Многopустотные плиты перекрытия – такие плиты состоят из множества пустот или ячеек, что также способствует уменьшению веса, при этом обеспечивая отличную звуко- и теплоизоляцию. Такие пустоты могут быть заполнены проводами, средствами коммуникации, отопления и т.д. Многopустотные плиты перекрытия более быстры по срокам строительства и экономична;
- Плиты с пресечёнными ребрами – форма, которая пересекается под определённым углом, что придает конструкции дополнительную жёсткость и устойчивость.
- Существует еще разные инновационные подходы при железобетонном покрытии. Например,:
- Использование углепластиковых арматурных стержней;
- Светопрозрачные бетонные панели, которые обладают свойством пропускать свет, что позволяет использовать для различных архитектурных задач;
- Нанотехнологии в бетоне для улучшения механических характеристик и устойчивости.

Таким образом, выбор формы железобетонных перекрытий зависит от множества факторов, включая как размеры здания, нагрузки, бюджет и т.п. Каждая из вышеперечисленных в статье форм железобетонных перекрытий имеет свои достоинства и ограничения, поэтому правильный выбор поможет обеспечивать эффективное и устойчивое строительство.

1. Сагадеев Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных. 2008. –136с.
2. ПК ЛИРА-САПР 2016. Проектирование и расчет строительных конструкций. [2016]. URL: liraland.ru/lira/
3. А.С. Городецкий, Л.Г. Батрак, Д.А. Городецкий, М.В. Лазнюк, С.В. Юсипенко. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. – Киев, 2004. –106 с.
4. Инструкция, по технико-экономической оценке, проектов жилых домов и общественных зданий и сооружений для конкретных условий строительства. СН 546-82. Госгражданстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 22 с.

Святецкий Д.А.

Анализ затухания в железобетонных конструкциях при различных моделях физической нелинейности от действия гармонической нагрузки*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-639

Аннотация

В статье рассматривается зависимость коэффициента демпфирования при различных значениях частоты и амплитуды внешнего гармонического воздействия с использованием в расчетной схеме моделей «распределенной» и «сосредоточенной» физической нелинейности. Делаются выводы по границе применения моделей и даются рекомендации по их использованию.

Ключевые слова: демпфирование; рассеивание энергии; колебания; железобетонные конструкции.

Abstract

The article considers the dependence of the damping coefficient at various values of frequency and amplitude of external harmonic load using “distributed” and “concentrated” physical nonlinear models. Conclusions are drawn on the limits of application of the models and recommendations for their usage are given.

Keywords: damping; energy dissipation; fluctuations; reinforced concrete.

Введение

В актуальной отечественной нормативной документации даются расплывчатые указания по учету демпфирующих свойств конструкций при расчете на динамические нагрузки. В связи с этим, решение о выборе модели и численном выражении демпфирования остается за проектировщиком, часто без должного обоснования.

В практике проектирования железобетонных конструкций существует несколько подходов к учету работы конструкций за пределом упругих деформаций и как следствие, к учету демпфирования:

Распределенная по сечению элемента (модель элемента) – сечение элемента делится на отдельные фибры. Напряжения вычисляется в пределах площади фибры и проходят по заданной пользователем кривой деформирования. Основными недостатками данного метода являются необходимость учета демпфирования косвенными методами, в основном с помощью демпфирования по Релею. Проблема заключается в том, что демпфирование по Релею зависит исключительно от частоты собственных колебаний и не зависит ни от частоты, ни от амплитуды нагрузки. Это противоречит результатам различных экспериментов, проведенных в частности И.Л. Корчинским, Сорокиным и другими [1,2], показавшими, что демпфирование в строительных конструкциях напрямую зависит от амплитуды нагрузки. Таким образом, в расчетных моделях искажаются процессы затухания энергии при действии знакопеременных нагрузок.

Распределённая по сечению с разгрузкой с начальной жесткостью (модель элемента с разгрузкой). В данной модели реализуется разгрузка по линии упругих деформаций, т.е. в каждой из фибр при знакопеременной нагрузке программой формируется петля гистерезиса.

Площадь замкнутой петли гистерезиса пропорциональна работе ΔW , совершаемой силами внутреннего трения за один цикл деформации, а площадь заштрихованного треугольника – пропорциональна работе W упругих сил за четверть цикла при возрастании деформаций от 0 до максимума. Таким образом, энергия в системе тратится за счет прохождения напряжениями по петле гистерезиса, нет необходимости в учете демпфирования косвенными методами.

Тем не менее, из-за программных ограничений нет возможности учесть эффект деградации жесткости железобетонных элементов при многократных знакопеременных нагрузках, таким образом несколько завышая прочность конструкций.

Сосредоточенная нелинейность (узловая нелинейность) предполагает выделение в конструкции узлов, в которых наиболее вероятно развитие пластических деформаций и расчет конструкции в соответствии с этим разбиением путем задания в этих узлах нелинейных зависимостей «напряжение-деформация». Этот подход реализован в Еврокоде и считается, что он таким образом позволяет запроектировать конструкцию с заданным уровнем рассеивания энергии путем концентрации зон развития пластических деформаций в строго определенных узлах конструкции.

На данный момент в расчетном комплексе Лира-САПР 2022 реализована работа конечных элементов №256 (КЭ 256) по схеме «Strength-hardening non-degrading hysteretic model» (см. кинематическая модель гистерезиса), что позволяет задавать жесткость работы на 2ух участках: до достижения условной текучести и после.

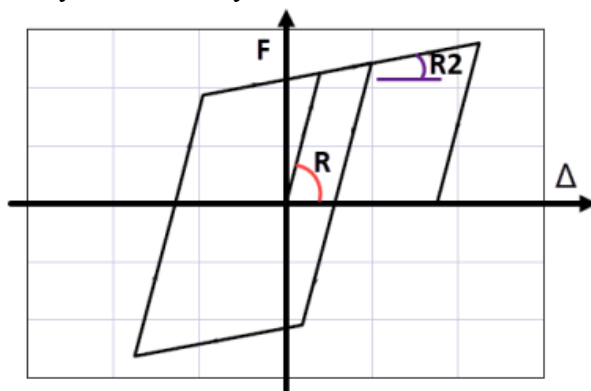


Рисунок 1. Принципиальная схема работы КЭ 256.

Основной недостаток модели – невозможность задания верхнего предела пластических деформаций, что приводит к тому, что с увеличением амплитуды внешнего воздействия пластические деформации растут до бесконечности, как при линейной работе

Цели эксперимента:

Выполнить расчет простой конструкции с использованием различных моделей пластической работы железобетона. Сравнить полученные результаты с данными натурных экспериментов и сделать вывод о том, какой из описанных методов дает наиболее близкие к реальным значения затуханий.

Методология:

Конструкция представляет собой жестко заземленную в основании железобетонную колонну. Высота стойки – 6,0 м. Частота разбиения колонны – по 0.5 м. К схеме приложен собственный вес по длине элементов и внешняя синусоидальная нагрузка – к верхнему узлу схемы.

Общее время интегрирования – 15 секунд.

Начало действия внешнего воздействия – 0 секунд;

Окончание действия внешнего воздействия – 10 секунд.

Колонна принята из бетона В25, размером 400x400. Продольное армирование из 4Ø16 А500 и поперечное из Ø8 шаг 200 А500.

Собственные частоты колебаний конструкции:

1ая частота: 4,924 Гц;

2ая частота: 30,766 Гц;

Данным значениям частот собственных колебаний соответствуют следующие коэффициенты Релеевского демпфирования:

$$\alpha = 0,849 ; \beta = 0,0056$$

В расчетных схемах с распределенной физической нелинейностью использованы следующие модели нелинейного поведения:

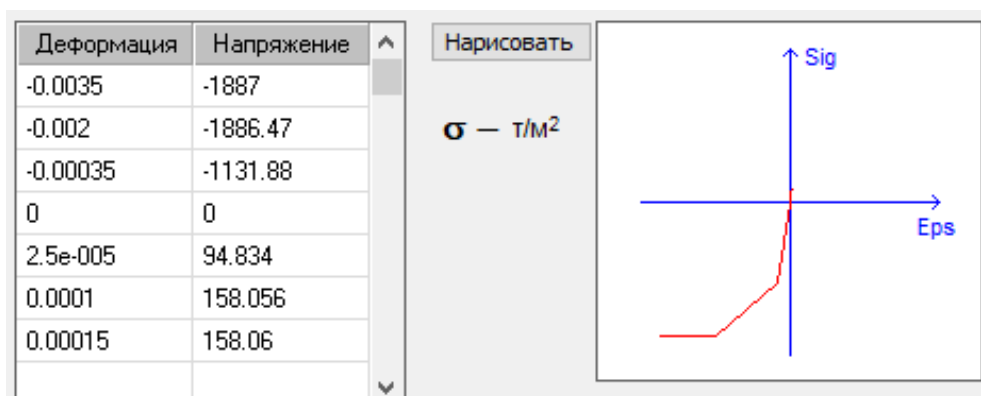


Рисунок 2. Трехлинейная диаграмма деформирования бетона.

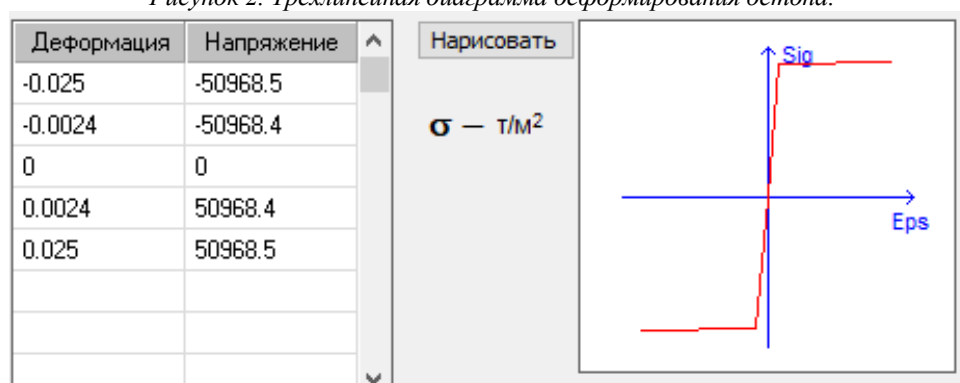


Рисунок 3. Билинейная диаграмма деформирования арматурного проката.

Диаграмма работы узловой физически-нелинейно модели представлена на рисунке 4:

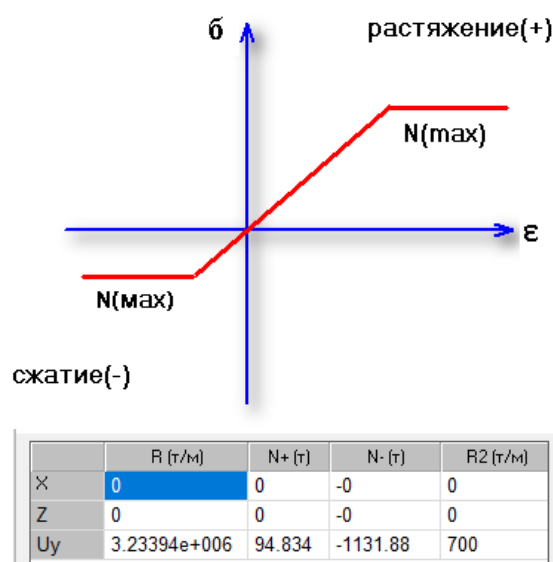


Рисунок 4. Диаграмма работы конечно-узловой элемента КЭ №256

Вычисление демпфирования выполнено двумя способами:

Находится натуральный логарифм отношения амплитуд затухающих колебаний через один период. Через него выражается коэффициент поглощения:

$$\delta = \ln \frac{\alpha_i}{\alpha_i + 1} = \alpha T_d = -\frac{\ln(1-\psi)}{2} \quad (1)$$

Через отношение величины кинетической энергии затухающих колебаний через один цикл колебаний:

$$\psi = \frac{\square W}{W} \quad (2)$$

Между значениями, найденными через амплитуду колебаний и через отношение кинетической энергии находится среднее и оно принимается для анализа.

Рассмотрим зависимость демпфирования от частоты и амплитуды для различных моделей. Результаты анализа зависимости коэффициентов демпфирования при различных моделях физической нелинейности от частоты сведены в таблицу 1, наглядно результаты продемонстрированы на диаграмме – см. рисунок 5:

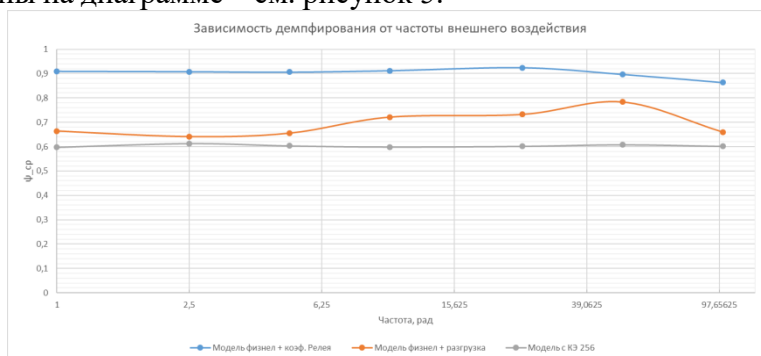


Рисунок 5. Зависимость демпфирования от частоты внешнего воздействия.

Таблица 1

Зависимость демпфирования от частоты внешнего воздействия.

№		Частота, рад	max A	Изменение амплитуды			
				A1, мм	(t1), с	A2, мм	(t2), с
1	Модель физнел + коэф. Релея	1	5,630	0,710	10,170	0,217	10,340
2		2,5	6,410	0,249	10,160	0,074	10,330
3		5	5,920	0,446	10,160	0,140	10,330
4		10	5,700	1,375	10,160	0,426	10,320
5		25	22,400	3,158	10,220	0,734	10,380
6		50	7,240	3,464	10,120	1,189	10,280
7		100	1,560	0,537	10,200	0,231	10,360
8	Модель физнел + разгрузка	1	6,050	1,364	10,170	0,769	10,340
9		2,5	6,050	0,493	10,160	0,288	10,330
10		5	6,760	0,929	10,160	0,527	10,330
11		10	7,920	1,308	10,160	0,613	10,330
12		25	26,900	-1,414	10,380	-2,438	10,600
13		50	7,920	2,203	10,170	1,106	10,380
14		100	2,320	0,980	10,200	0,567	10,360
15	Модель с КЭ 256	1,000	5,630	1,794	10,180	1,137	10,350
16		2,500	5,660	0,572	10,160	0,356	10,340
17		5,000	5,770	1,142	10,160	0,712	10,340
18		10,000	6,130	2,263	10,160	1,426	10,340
19		25,000	13,000	6,206	10,180	3,929	10,350
20		50,000	9,410	5,723	10,120	3,560	10,290

21		100,000	1,960	-1,471	10,120	-0,922	10,300
----	--	---------	-------	--------	--------	--------	--------

Продолжение таблицы 1

δ_d	ψ_δ	Изменение кин. энергии			ψ_{dE}	ψ_{cp}
		$E1, m^*m \cdot 10_{-6}$	$E2, m^*m \cdot 10_{-6}$	dE		
1,185	0,907	17	1,5	15,5	0,912	0,909
1,208	0,911	21	2	19	0,905	0,908
1,159	0,901	67	6	61	0,910	0,906
1,173	0,904	62	5	57	0,919	0,912
1,459	0,946	429	42	387	0,902	0,924
1,069	0,882	338	30	308	0,911	0,897
0,843	0,815	68	6	62	0,912	0,863
0,573	0,682	155	55	100	0,645	0,664
0,540	0,660	29	11	18	0,621	0,640
0,566	0,678	114	42	72	0,632	0,655
0,758	0,780	414	140	274	0,662	0,721
0,545	0,664	482	96	386	0,801	0,732
0,689	0,748	349	63	286	0,819	0,784
0,547	0,665	127	44	83	0,654	0,659
0,456	0,599	120	48,5	71,5	0,596	0,597
0,474	0,612	31	12	19	0,613	0,613
0,472	0,611	47	19	28	0,596	0,603
0,462	0,603	185	75	110	0,595	0,599
0,457	0,599	1435	569	866	0,603	0,601
0,475	0,613	1884	748	1136	0,603	0,608
0,468	0,607	79	32	47	0,595	0,601

Проанализировав данные таблицы можно сделать следующие наблюдения:

Для моделей «Физ.нел + коэф. Релея» и «КЭ256» зависимости от частоты внешнего воздействия не выявлено, что и ожидалось, так как:

Демпфирование через коэффициент Релея зависит исключительно от частоты собственных форм колебаний конструкции;

Модель с узловыми нелинейностью (КЭ 256) задана без деградации жесткостных свойств, как следствие – деформирование происходит примерно по одной и той же петле гистерезиса.

Для модели «Физ.нел + коэф. Релея» полученные коэффициенты демпфирования значительно (в 1.5 раза) отличаются от коэффициентов, полученных по другим моделям и результатам натурных экспериментов.

Это, вероятно, связано с ограничениями модели Релея, из-за которых для относительно легких и гибких конструкций получаются завышенные значения демпфирования.

Значение коэффициентов демпфирования по модели «Физ.нел + разгрузка» увеличивается по мере приближения частоты внешнего воздействия к частотам собственных колебаний конструкции и уменьшение по мере удаления от нее.

Это связано с нарастанием пластических деформаций в элементах по мере приближения к частоте резонанса, увеличения усилий и пластических деформаций и, как следствие, увеличения площади петли гистерезиса. Наличие пластических деформаций хорошо видно на графике перемещения верха консоли по оси X, когда после снятия воздействия и затухания колебаний, перемещения остаются на некотором не нулевом уровне.

Рассмотрим теперь зависимость коэффициента демпфирования от амплитуды внешнего воздействия при постоянной частоте равно 5 рад.

Результаты численных экспериментов сведены в таблицу 2 и наглядно продемонстрированы на диаграмме - см. рисунок 6:

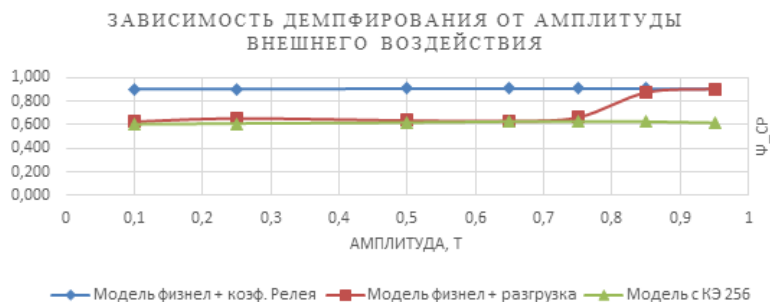


Рисунок 6. Зависимость демпфирования от амплитуды внешнего воздействия.

Проанализировав данные таблицы можно сделать следующие наблюдения:

Значение коэффициентов демпфирования для моделей «Коэффициент Релея» и «модель узловой нелинейности» статичны, равны соответственно 0,9 и 0,6 и не зависит от величины внешнего воздействия;

Коэффициент демпфирования по модели «распределенной нелинейности с разгрузкой» для нагрузок, вызывающих упругие и умеренные пластические деформации близок к значению по модели «КЭ 256», постепенно увеличиваясь по мере приближения нагрузки к критической и достигая почти в 1,5 раза больших значений (примерно 0,6 при $\sigma < 0,67R_u$ и вплоть до 0,9 при $\sigma \approx R_u$). Это хорошо соотносится с теорией, по которой увеличение пластических деформаций ведет к повышению демпфирования за счет увеличения трещин и, как следствие, плоскостей трения

Таблица 2

Зависимость демпфирования от частоты внешнего воздействия.

№		Амплитуда, t	$\max A$	\max пласт. Деформации	Изменение амплитуды			
					$A1$, мм	$(t1)$, с	$A2$, мм	$(t2)$, с
1	Модель физнел + коэф. Релея	0,1	0,951	0,000	0,103	10,160	0,031	10,330
2		0,25	2,350	-0,002	0,248	10,160	0,075	10,320
3		0,5	5,920	0,001	0,445	10,160	0,138	10,320
4		0,65	8,990	-0,302	0,520	10,150	0,162	10,320
5		0,75	12,400	-0,151	0,827	10,140	0,254	10,310
6		0,85	16,800	0,362	1,535	10,140	0,479	10,310
7		0,95	22,100	1,340	2,343	10,160	0,736	10,320
8	Модель физнел + разгрузка	0,1	1,0100	0,0000	0,2061	10,1600	0,1249	10,3200
9		0,25	2,4300	0,0174	0,4567	10,1600	0,2681	10,3200
10		0,5	4,9400	-0,1060	0,6330	10,1600	0,3790	10,3300
11		0,65	25,2000	7,4900	5,2292	10,2200	3,1037	10,4400
12		0,75	26,9000	0,5580	6,0188	10,2400	3,3878	10,4900
13		0,85	174,0000	107,0000	10,8926	10,3100	3,2455	10,6600
14		0,95	231,0000	118,0000	29,0383	10,3800	9,1492	10,7800
15	Модель с КЭ 256	0,10	1,150	0,000	0,228	10,160	0,142	10,340
16		0,25	2,880	0,000	0,571	10,160	0,356	10,340
17		0,50	5,770	0,000	1,142	10,160	0,712	10,340
18		0,65	7,500	0,000	1,484	10,160	0,926	10,340
19		0,75	8,650	0,000	1,712	10,160	1,069	10,340
20		0,85	9,810	0,000	1,941	10,160	1,211	10,340
21		0,95	11,000	0,000	2,169	10,160	1,354	10,340

Продолжение таблицы 2

δ_d	ψ_δ	Изменение кин. энергии			ψ_{dE}	ψ_{cp}
		$E1, m^*m$ $*10_6$	$E2, m^*m*10_6$	dE		
1,188	0,907	3	0,3	2,7	0,900	0,904
1,193	0,908	20	2	18	0,900	0,904
1,169	0,903	67	6	61	0,910	0,907
1,167	0,903	90	8	82	0,911	0,907
1,183	0,906	225	21	204	0,907	0,906
1,164	0,902	733	66	667	0,910	0,906
1,159	0,901	1580	143	1437	0,909	0,905
0,501	0,633	5	1,9	3,1	0,620	0,626
0,533	0,655	26	9	17	0,654	0,655
0,513	0,642	114	42	72	0,632	0,637
0,522	0,648	282	108	174	0,617	0,632
0,575	0,683	174	62	112	0,644	0,663
1,211	0,911	1194	192	1002	0,839	0,875
1,155	0,901	2664	241	2423	0,910	0,905
0,472	0,611	5	2	3	0,600	0,605
0,472	0,611	31	12	19	0,613	0,612
0,472	0,611	124	46	78	0,629	0,620
0,472	0,611	130	46	84	0,646	0,628
0,472	0,611	173	61	112	0,647	0,629
0,472	0,611	222	79	143	0,644	0,627
0,472	0,611	448	168	280	0,625	0,618

Результаты натуральных экспериментов:

Результаты натуральных экспериментов, проводимых с целью изучения демпфирующих свойств конструкций, сведены в таблицу 3:

Таблица 3

Значения ψ для различных конструкций.

№	Тип конструкции	ψ_{cp}	Экспериментатор
1	Железобетонные рамы	0,380	Павлюк Н.П. [4]
2	то же	0,250	Савинов О.А. [4]
3	Железобетонные подкрановые балки:		
	до замоноличивания стыков	0,32	Сорокин Е.С. [1]
	после замоноличивания стыков	0,14	Сорокин Е.С. [1]
4	Железобетонные балки	0,25	Корчинский И.Л.
5	то же	0,56	Павлюк Н.П. [4]
6	Железобетонные ребристые перекрытия	0,57	Сорокин Е.С. [1]
7	Железобетонное безбалочное перекрытие	0,56	Хорт. В. [5]
8	Железобетонные панельные перекрытия:		
	до замоноличивания стыков	0,22	Томсон О. И. [6]
	после замоноличивания стыков	0,522	Томсон О. И. [6]
9	Кирпичные столбы на цементном растворе	0,19	Мелик-Адамян Р.О.[7]
10	Кирпичная кладка при сжатии	0,24	Каранетян Б.Н. [1]

Выводы по результатам работы:

В целом, можно сделать следующие выводы:

- Коэффициент поглощения, полученный по результатам численных экспериментов можно принять равным $\psi_{cp} = 0,6$, что, соотносится с результатами натуральных экспериментов.

- Демпфирование по модели «распределенной нелинейности с разгрузкой» вычисляется прямым способом из петли гистерезиса, что позволяет наиболее точно учесть процесс затухания. Однако, метод требует довольно много времени и реализован не во всех расчетных комплексах
- Демпфирование, учитываемое по модели «узловой нелинейности» неплохо показывает себя при работе в области упругих деформаций;
- Демпфирование, задаваемое через коэффициенты Релея допустимо в инженерной практике хоть и не может в полной мере учесть пластическую работу конструкции и дает завышенные значения затухания для гибких конструкций.

1. Сорокин Е.С. Динамический расчет несущих конструкций зданий // Госстройиздат, Москва, Третьяковский проезд, д.1, 1956, 329 с.;
2. И.Л. Корчинский, Л.А. Бородин, А.Б. Гроссман и др. Сейсмостойкое строительство зданий // Под. Ред. И. Л. Корчинского. Учеб. Пособие для вузов. М., «Высш. Школа», 1971;
3. О.В. Мкртычев, Г.А. Джинчвелашвили Проблемы учета нелинейности в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения): монография // М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. Гос. Строит. Ун-т. – 2-е изд. – Москва : МГСУ, 2014. – 192 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ);
4. Павлюк Н.П. и Савинов О. Л., Труды научно-исследовательского сектора треста глубинных работ, вып. 1, Госстройиздат, Л. 1940;
5. Hort W., Schwingungsuntersuchungen an einer Eisenbeton – Pilzdecke des Ford – Neubaus in Köln. Deutsch. Auss. F. Eisenbeton. H. 76, 1934\$
6. Ученые труды ЦНИПС за 25 лет (сборник аннотаций), Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.
7. Корчинский И.Л., Расчет строительных конструкций на вибрационную нагрузку, Стройиздат, 1948.
8. Модель гистерезиса "поворота" для железобетонных элементов, Роберт К. Доуэлл, Фридер Сейбл и Эдвард Л. Уилсон / ACI Structural Journal V. 95, № 5, сентябрь-октябрь 1998

Соколов Н.С.

Алгоритм геотехнического расчета буринъекционных свай-эрт

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-640

Аннотация

В практике геотехнического строительства внедряется технология буринъекционных свай, выполненных по электроразрядной технологии. Существующая методика с использованием формул СНиП не позволяет в полной мере оценить напряженно-деформированное состояние в активной зоне при последовательном включении в работу уширений с ростом нагрузки на фундамент.

Ключевые слова: уширение, несущая способность, буринъекционная свая-ЭРТ, разрядно-импульсная технология.

Abstract

Continuous flight augers driven using electric-discharge technology have been actively integrated in the geotechnical construction. The existing method using SNiP formulas prevents from fully assessing the stress-strain state in the active zone when it is successively widened and the foundation loading grows.

Keywords: widening, load-bearing capacity, EDT continuous flight auger, electric discharging.

В статье приведены результаты расчетов напряженно-деформированного состояния основания буринъекционной сваи-ЭРТ, выполненной с многоместными уширениями по стволу. Расчеты выполнены в пространственной постановке с учетом стадийности приложения нагрузки и образования уплотненной зоны вокруг

буроинъекционной сваи. Особое внимание уделялось различию напряженно-деформированному состоянию основания, сложенного связным и несвязным грунтом.

Последовательно проведена оценка факторов, влияющих несущую способность и осадку буроинъекционной сваи. В качестве исследуемых факторов рассматриваются количество и шаг уширений, длина буроинъекционной сваи, прочностные и деформационные характеристики окружающего грунта.

Научно-технический прогресс в сфере геотехнического строительства ставит все более сложные задачи перед проектировщиками и строителями [1, 2, 9, 13]. Прогресс в данной сфере производства достигается путем широкого внедрения в практику строительства эффективных технологий и конструкций буроинъекционных свай-ЭРТ и совершенствования методов их расчета [3]. Разработана и апробирована на многих объектах в различных регионах России современная инвестиционная технология изготовления набивных свай по электроразрядной технологии, которая обеспечивает по длине сваи создание по длине сваи многоместных уширений и, соответственно, приводит к повышению к увеличению несущей способности в 2,0-2,5 раза [4, 5, 8].

Применение буроинъекционных свай-ЭРТ исключает разуплотнение и расструктурирование грунта в основании за счет электрогидравлической обработки в среде мелкозернистого бетона [6] и приводит к образованию зоны уплотнения по боковой поверхности и в плоскости острия сваи [7, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Существующая методика с использованием формул СНиП не позволяет в полной мере оценить напряженно-деформированное состояние в активной зоне при последовательном включении в работу уширений с ростом нагрузки на фундамент.

С целью увеличения несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ выполняются многоместные контролируемые уширения по острию и вдоль ствола сваи. В расчете при диаметре буроинъекционной сваи-ЭРТ $d=350$ мм в связном грунте диаметр сферы уширения принят $1,3d$, в несвязном грунте, соответственно, $2d$.

Для оценки влияния количества многоместных уширений (n), расстояния между уширениями (a), длины буроинъекционных свай-ЭРТ (L) на изменение напряженно-деформационного состояния в связном и несвязном грунте проведены численные исследования с учетом образования зон пластических деформаций в основании [16].

Для проведения анализа влияния факторов была решена пространственная упругопластическая задача метода конечных элементов с одновременным учетом прочностных и деформационных свойств основания при использовании геотехнического комплекса *Plaxis* [10].

В качестве физической модели основания при решении задачи было принято условие предельного равновесия Мора-Кулона. Расчет выполняется с использованием шаговой процедуры приложения нагрузки. Учет собственного веса грунта проводился в виде начальных напряжений $\sigma_z = \gamma h$; $\sigma_x = \sigma_y = \xi \gamma h$; $\tau = 0$, деформированное состояние основания определялось только от внешней нагрузки на свайный фундамент. Размеры расчетной области составляют для сваи длиной $L=9,0$ м, $d=350$ мм с уширениями $b \times a \times h = 24 \times 24 \times 24$ (м³) (рис. 1).

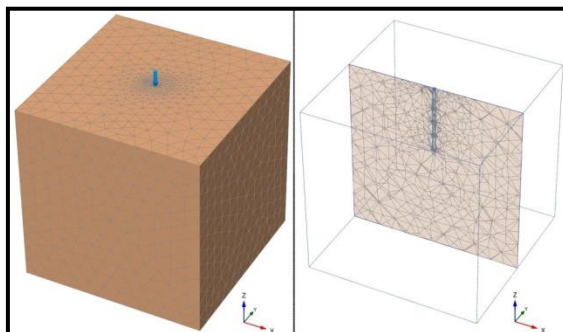


Рисунок 1. Расчетная область МКЭ размерами $b \times a \times h = 24 \times 24 \times 24$ (м³) сваи-ЭРТ длиной $L=9,0$ м $d=350$ мм с уширениями. Разбивка на тетраэдрические конечные элементы.

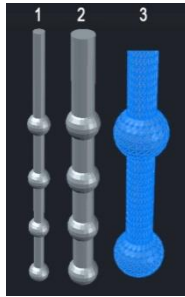


Рисунок 2. Объемная модель сваи-ЭРТ с уширениями (1), окружающего уплотненного грунта (2) и разбивка на конечные элементы (3) перед импортом в ПК Plaxis.

Расчеты фундаментов произведены для двух характерных типов основания: связный грунт и несвязный грунт с учетом образования уплотненной зоны вокруг сваи [11, 12]. В качестве связного грунта использовалась глина тугопластичная ($\gamma=18$ кН/м³, $E=13,8$ МПа, $c=43$ кПа, $\varphi=16^\circ$); в качестве несвязного грунта принят песок средней крупности, средней плотности ($\gamma=16,5$ кН/м³, $E=30,0$ МПа, $c=1$ кПа, $\varphi=35^\circ$).

Для буринъекционной сваи-ЭРТ непосредственно к свае примыкает зона цементации и зона уплотнения, образующаяся в результате электрогидравлического воздействия на материал сваи [15]. В расчетной схеме диаметр зоны уплотнения составляет $(1,8-2,2)d$ (для связных грунтов) и $(2,8-3,1)d$ (для несвязных грунтов), который уточняется экспериментально по уходу бетонной смеси в скважине (рис. 2).

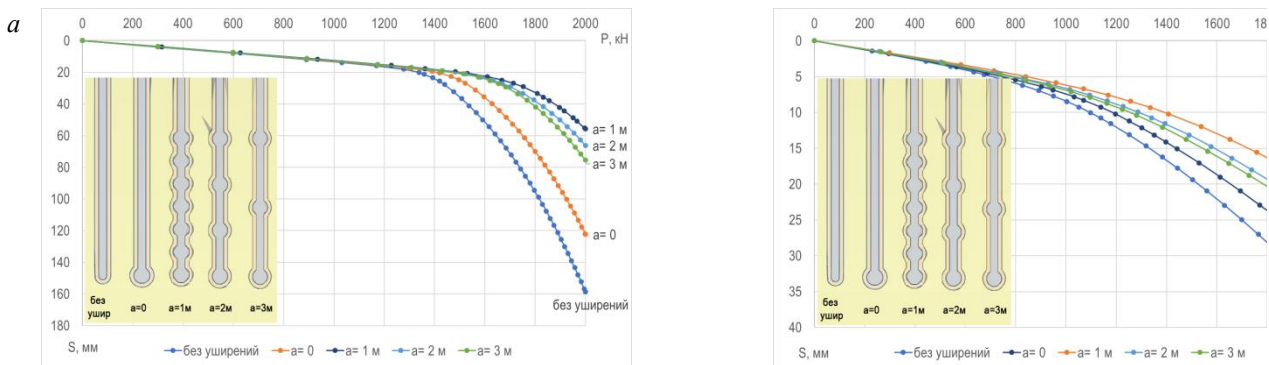


Рисунок 3. Зависимость осадки буринъекционной сваи-ЭРТ от шага уширений a по стволу сваи: a – связный грунт; b – несвязный грунт.

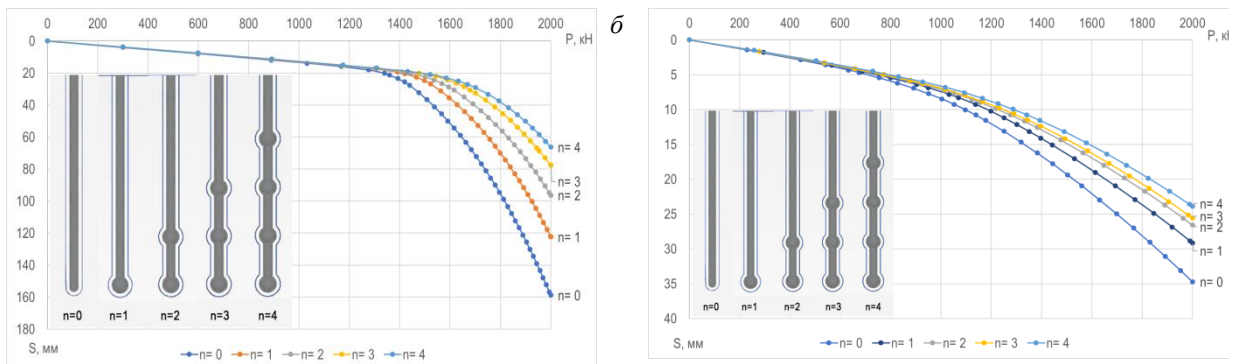


Рисунок 4. Зависимость $S=f(P)$ сваи-ЭРТ при различном количестве уширений n ($L=9,0$ м): a – связный грунт; b – несвязный грунт.

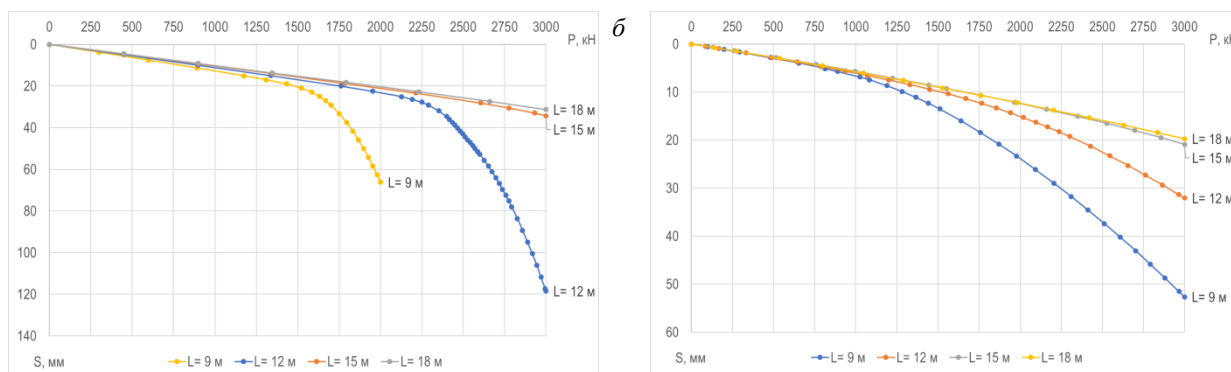


Рисунок 5. Зависимость осадки сваи-ЭРТ от длины L (шаг уширений $a=2,0$ м):
 а – связный грунт; б – несвязный грунт.

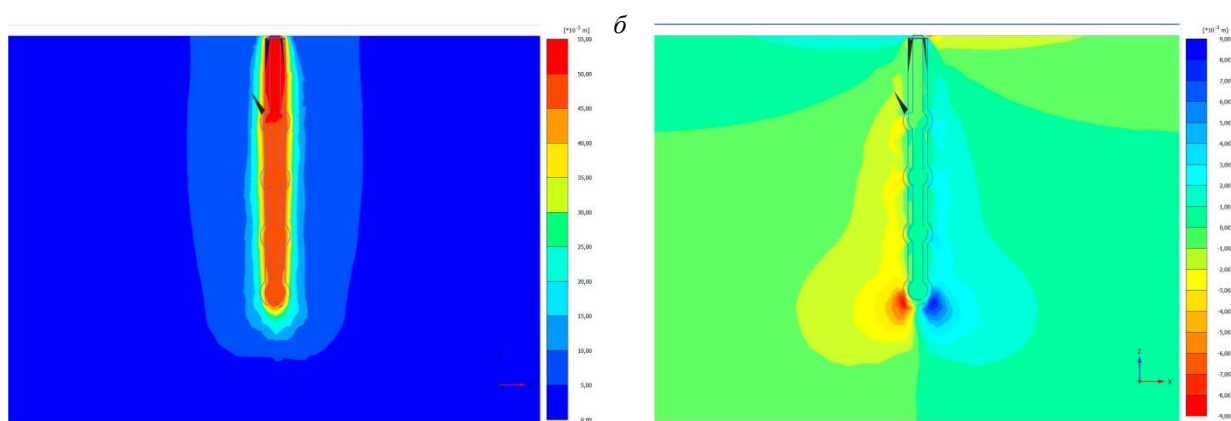


Рисунок 6. Изолинии вертикальных (а) и горизонтальных (б) перемещений в основании сваи при $P=3000$ кН (несвязный грунт).

Линии равных вертикальных перемещений (рис. 6а) вытянуты вдоль вертикальной оси, с ростом нагрузки они концентрируются у сваи, зона развития вертикальных перемещений развивается в стороны и ниже острия сваи на расстояние $(2,5-3,0)d$.

Изолинии горизонтальных перемещений имеют замкнутый характер и направлены от оси сваи. Максимальные значения горизонтальных перемещений при $P=3000$ кН зафиксированы в плоскости острия сваи и достигают значений $U_x=9$ мм.

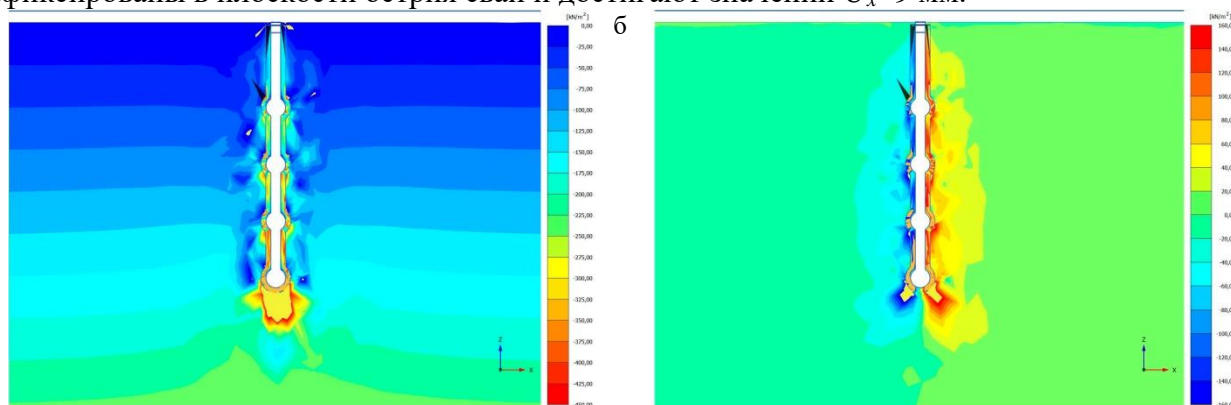


Рисунок 7. Изолинии вертикальных σ_z (а) и касательных τ_{xz} (б) напряжений в основании сваи при $P=3000$ кН (несвязный грунт).

Изолинии вертикальных напряжений σ_z в активной зоне буринъекционной сваи с уширениями с учетом природного напряженного состояния показан на рис. 7а. Отмечается концентрация напряжений под пятой сваи в плоскости острия и под уширениями. Распределение касательных напряжений τ_{xz} имеет сложный характер, максимальные

значения напряжений зафиксированы в местах расположения уширений вдоль ствола набивной сваи.

Анализ теоретических разработок и экспериментальных данных показывает, что учет особенностей поведения грунта под нагрузкой может быть достигнут при описании его деформирования с позиций пластического течения, предусматривающих одновременное существование в грунте зон допредельного и предельного равновесия [14].

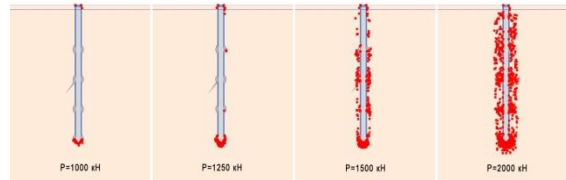


Рисунок 8. Зарождение и развития зон пластических деформаций в основании сваи-ЭРТ $L=9$ м с уширениями ($a=2$ м, $n=4$) (связный грунт).

Рассмотрим характер зарождения и развития зон пластических деформаций в связном грунте с ростом нагрузки на свайный фундамент (рис. 8). Образование пластических зон происходит при нагрузке $P=1000$ кН в плоскости острия сваи. С увеличением нагрузки на сваю последовательно включаются в работу уширения, расположенные вдоль ствола, при $P=1500$ кН зоны предельного состояния зафиксированы в местах расположения уширений.

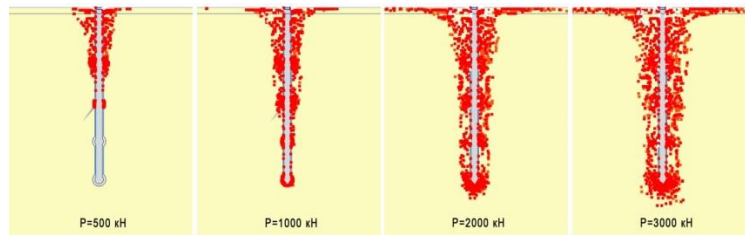


Рисунок 9. Зарождение и развития пластических зон в основании сваи-ЭРТ $L=9$ м с уширениями ($a=2$ м, $n=4$) (несвязный грунт).

Характер зарождения зон пластических деформаций в несвязном грунте несколько отличается от связного (рис. 9). Зарождение областей пластических деформаций происходит в верхней части основания сваи-ЭРТ. С дальнейшим ростом нагрузки происходит расширение пластических зон в стороны и вниз.

Для внедрения в инженерную практику результатов решений нелинейной механики грунтов при анализе влияния факторов (P ; a ; n ; L ; φ ; c ; E) может быть использована функция множественной регрессии.

$$y = A \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k}. \quad (1)$$

В качестве функции, описывающей конечную осадку сваи-ЭРТ, выбрана степенная многофакторная зависимость, а по коэффициенту эластичности степенной функции, исходя из ее типа, просто определяется влияние каждого фактора на результат в процентах. Общее уравнение зависимости осадки буронабивной сваи-ЭРТ будет иметь вид:

$$S = A \cdot P^{b_1} \cdot a^{b_2} \cdot n^{b_3} \cdot L^{b_4} \cdot \varphi^{b_5} \cdot c^{b_6} \cdot E^{b_7}. \quad (2)$$

где P – нагрузка на сваю-ЭРТ, кН; a – шаг уширений по стволу сваи-ЭРТ, м; n – количество уширений по стволу сваи-ЭРТ, начиная с пяты; L – длина сваи-ЭРТ, м; φ – угол внутреннего трения грунта, град.; c – удельное сцепление частиц грунта, кПа; E – модуль деформации грунта, МПа; A и b_i – регрессионные параметры.

Возможности использования упругопластического решения для определения несущей способности буронабивных свай-ЭРТ с уширениями проверялись сопоставлением с результатами полевых испытаний свай. Проведенное сопоставление указывает на хорошее их соответствие.

Полученные результаты указывает на целесообразность использования решений нелинейной механики грунтов при проектировании фундаментов из буроинъекционных свай с уширениями.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2015. – №1. С. 10-13.
5. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34
6. Горбушин А.В., Рябинов В.М. Возможность использования электроразрядной технологии при строительстве в неслабых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. с. 10-13.
7. Патент на полезную модель №161650. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте / Авторы: Соколов Николай Сергеевич, Джантимиров Христофор Андреевич, Кузьмин Михаил Владимирович, Соколов Сергей Николаевич, Соколов Андрей Николаевич. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Зарегистрирован: 11 апреля 2016 г. 4 с.
8. Ni J.C., Cheng W.C. Quality control of double fluid jet grouting below groundwater table: case history // Soils and foundations. 2014. no. 6. pp. 1039-1053.
9. Разводовский Д.Е., Чепурнова А.А. Оценка влияния усиления фундаментов зданий по технологии струйной цементации на их осадку // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №10. С. 64-72.
10. Маковецкий О.А., Серебрянникова Д.К., Богданова Е.О., Лузгина Е.А. // Современные технологии в строительстве. теория и практика. Пермь: ПНИПУ. 2016. №10. С. 221-226.
11. Yao Yuan, Shui-Long Shen, Zhi-Feng Wang, Huai-Na Wu. Automatic pressure-control equipment for horizontal jet-grouting // Automation in Construction. 2016. vol. 69. pp. 11-20.
12. Peter G. Nicholson. Admixture Soil Improvement // Soil Improvement and Ground Modification Methods. 2015. pp. 231-288. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408076-8.00011-X>
13. Yasuo Onishi. Fukushima and Chernobyl Nuclear Accidents' Environmental Assessments and U.S. Hanford Site's Waste Management // Procedia IUTAM. 2014. Vol. 14. pp. 372-381. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2014.01.032>
14. Ghassem Jalilian Khave. Delineating subterranean water conduits using hydraulic testing and machine performance parameters in TBM tunnel post-grouting // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 70. pp. 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2014.04.013>
15. Peter G. Nicholson. Objectives and Approaches to Hydraulic // Soil Improvement and Ground Modification Methods. 2015. pp. 151-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408076-8.00007-8>
16. Ian Jefferson, Chris Rogers, Dimcho Evststiev, Doncho Karastanev. Improvement of Collapsible Loess in Eastern Europe // Ground Improvement Case Histories. 2015. pp. 215-261. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100698-6.00007-6>.
17. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
18. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
19. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
20. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.
21. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
22. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
23. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.
24. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
25. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

Соколов Н.С.

Возведение сооружений на структурно-неустойчивых грунтахФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-641

Аннотация

Рассмотрены инженерно-геологические условия на участке строительства Белгородского госуниверситета. Здесь в качестве основания используют меловые грунты разной несущей способности. Описаны основные свойства мелов с учетом их увлажнения. Произведено обоснование использования в таких условиях разрядно-импульсных технологий устройства буроинъекционных свай.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, меловые грунты, механические характеристики, несущая способность свай, разрядно-импульсные технологии, уширения, подпятники, расчетное сопротивление, статическое зондирование, статическая нагрузка.

Abstract

Geotechnical conditions are examined at the Belgorod University site. Small soils having various load-bearing capacities are used here as a foundation. Primary properties of chalk stones are described taking into account their moistening. The use of electric discharging for driving continuous flight augers are substantiated.

Keywords: geotechnical conditions, cretaceous soils, mechanical characteristics, load-bearing capacity of piles, electric discharging, widening, thrust plates, rated resistance, static probing, static loading.

В связи с расширением строительства на территории Белгородского государственного университета (БелГУ) была поставлена задача по технико-экономическому обоснованию использования различных типов свай. Рассматривались призматические забивные сваи с размерами поперечного сечения $\text{Ø}35 \times 35$ и длиной 18,0 м (С 18-35) и буроинъекционные сваи изготавливаемые по электроразрядной технологии (сваи-ЭРТ) диаметром бурения $\text{Ø} 300$ и длиной 18,0 м.

Инженерно-геологические условия участка строительства относятся к сложным в связи с наличием в основании меловых отложений.

Мел представляет собой мягкую неслоистую тонкозернистую слабосцементированную породу обычно белого, реже желтовато-серого цвета. Эта порода состоит из тонких (2-10 мкм) зерен кальцита, его обломков, остатков кокколлитов (2-5 мкм) и фораминифер. Отдельные слои мела почти полностью состоят из кокколлитов, или кокколлиты преобладают в них. Мел отличается от известняков достаточно меньшей твердостью и наличием микроканалов, образованных микроорганизмами, которые, питаясь мелом, пронизывают его в разноориентированных направлениях. Мел интенсивно впитывает воду и при этом его прочность в водонасыщенном состоянии резко снижается. Кроме того, он обладает свойством тиксотропности, что является ценным строительным качеством для заглубленных сооружений, таких как забивные, задавливаемые и буровые сваи.

В Белгородской области в долинах рек меловые отложения все больше применяются в качестве оснований свайных фундаментов. На рис. 1 приведен инженерно-геологический разрез в районе строительства корпуса №14 и спортивного корпуса имени С. Хоркиной БелГУ.

В геологическом отношении участок до глубины 30 м сложен грунтами четвертичной и меловой систем. Четвертичная система представлена аллювиальными отложениями, которые залегают под насыпными грунтами и имеют мощность 619 м. Аллювиальные отложения представлены «слабыми» водонасыщенными зеленоватосерыми суглинками,

грунта $\rho_d = 1.30 \text{ г/см}^3$; Коэффициент пористости $e = 1.05$; Степень влажности $Sr = 1.0$; Относительное содержание органического вещества $I_{om} = 0.020-0.036$; Модуль деформации E (в кровле) = 6,17 МПа; Модуль деформации $E = 10-12 \text{ МПа}$; Угол внутреннего трения $\varphi = 16-18^\circ$; Удельное сцепление $C = 15-18 \text{ кПа}$.

Как видно из приведенных выше физико-механических свойств грунтов, грунты слагающие участок строительства БелГУ практически все за исключением песка ИГЭ-4 относятся к структурно-неустойчивым.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием двух горизонтов грунтовых вод:

1. Грунтовые воды типа «верховодка». Встречаются локально под насыпным грунтом, то есть на глубине 2.5-4.0 м и имеют мощность 1.5-3.0 м. Водовмещающим грунтом для «верховодки» служит почвенно-растительный слой и верхняя часть аллювиальных суглинков и глин, которые служат также и водоупором.

Питание «верховодки» происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в грунт и утечек воды из инженерных коммуникаций. Разгрузка «верховодки» происходит в нижележащий водоносный горизонт.

2. Горизонт грунтовых вод в аллювиальных и меловых отложениях. Уровень грунтовых вод находится на глубинах 2.0-7.0 м от дневной поверхности, что соответствует абсолютным отметкам 109.0-112.5 м. То есть отметки уровня грунтовых вод значительно ниже, чем отметки воды в р. Везелка (рис. 1). Водовмещающими породами для грунтовых вод служат отложения четвертичной и меловой систем (пески, суглинки и мел).

Питание грунтовых вод, в пределах территории БелГУ, происходит за счет воды из р. Везелка, также за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Из изложенного следует, что инженерно-геологические условия БелГУ являются сложными и относятся к III категории сложности по СП 47.13330.2012 [3]. Это предопределило применение свайных фундаментов для проектируемых корпусов университета.

Начало строительства корпусов университета относится к концу 70-х годов. При этом инженерно-геологические изыскания под проектирование главного корпуса проводились без статического зондирования. Так как практически все грунты под главным корпусом были «слабыми», были приняты свайные фундаменты длиной до 24 м. То есть в качестве естественного основания был принят дресвяно-щебенистый мел.

В 80-х годах в связи с появлением метода статического зондирования при дальнейших изысканиях удалось более точно установить границу между текучими и текучепластичными мелями. Соответственно повысилось качество проектирования и под некоторыми новыми корпусами были приняты сваи до 18 м. При этом для оценки несущей способности свай наряду со статическим зондированием проводились испытания свай динамическими нагрузками с продолжительностью «отдыха» свай 15-20 суток.

В 90-х годах для оценки несущей способности свай кроме статического зондирования начали применять более точный метод испытания свай статическими нагрузками [13]. Это позволило принимать длину свай 15-16 м. В основном применяются забивные составные сваи. В последний период времени широкое применение в фундаментостроении находят буроинъекционные сваи с использованием разрядно-импульсных технологий (ЭРТ) [2]. По нашему мнению они могут применяться в рассмотренных инженерно-геологических условиях.

Сваи изготавливаемые (сваи-ЭРТ) по разрядно-импульсной технологии обладают рядом преимуществ по сравнению с другими типами буровых свай, а в некоторых случаях даже со сваями погружаемыми в основание в готовом виде (это забивные и задавливаемые сваи).

Главное преимущество этих свай просматривается из формулы расчета несущей способности F_d по СП 24.13330.2011 [2]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} RA + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \quad (1)$$

В формуле (7.11 [2]) значения коэффициента γ_{cf} приведены в табл. 76 [2], для свай ЭРТ колеблются в пределах 1,1÷1,3, а для буронабивных и набивных свай – в пределах 0,6÷0,9. Ниже в табл. 1 приведены сравнительные значения γ_{cf} для буроинъекционных свай-ЭРТ и других буронабивных свай.

Таблица 1

Коэффициенты условий работы.

№ п.п.	Сваи и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай γ_{cf}			
		в песках	в супесях	в суглинках	в глинах
1	2	3	4	5	6
1	Буроинъекционные сваи, устраиваемые по разрядно-импульсной технологии	1,3	1,3	1,1	1,1
2	Сваи-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
3	Набивные при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником	0,8	0,8	0,8	0,7
4	Буровые	0,6÷0,8	0,6÷0,8	0,6÷0,8	0,6÷0,7

Анализируя значения в табл. 1 можно обнаружить, что только за счет коэффициента γ_{cf} несущая способность свай-ЭРТ по боковой поверхности превосходит в несколько раз F_u других типов свай (см. табл. 2).

Таблица 2

Значения превышений коэффициента γ_{cf} для свай-ЭРТ по отношению γ_{cf} для других типов свай.

$\gamma_{cf1} / \gamma_{cfi}$	в песках	в супесях	в суглинках	в глинах
1	2	3	4	5
$\gamma_{cf1} / \gamma_{cf2}$	1,86	1,86	1,58	1,84
$\gamma_{cf1} / \gamma_{cf3}$	1,63	1,63	1,38	1,58
$\gamma_{cf1} / \gamma_{cf4}$	1,63÷2,17	1,63÷2,17	1,38÷1,84	1,58÷1,84

Примечание: Нумерация индексов к коэффициенту γ_{cf} см. поз. 1,2,3,4 из табл.1.

Коэффициент γ_{cr} в формуле 1 для свай-ЭРТ принимается равным 1.3, а для других типов буронабивных свай $\gamma_{cr}=0,9÷1,0$. Таким образом, несущая способность свай-ЭРТ под нижним концом превышает F_u других типов буровых свай в 1,3÷1,5 раза.

Расчеты приведенные выше справедливы только для буровых свай по той причине что величины расчетных сопротивлений под нижним концом R и по боковой поверхности f_i определяется по одним и тем же таблицам из СП 24.13330.2011 [2] (табл. 7.3 для значений f_i и табл. 7.8 для значений R).

При проведении сравнительных расчетов несущей способности F_d свай-ЭРТ и свай погружаемых в грунт в готовом виде (забивных и задавливаемых) превышения значений γ_{cf}

и γ_{cR} явно недостаточно. Так например если несущая способность любых типов свай по боковой поверхности определяется по значениям табл. 7.3 [2], то несущая способность свай под нижним концом определяется по разным таблицам [2]. Если значения R для буровых свай, в том числе свай-ЭРТ определяется по табл. 7.8 [2], то R для забивных и задавливаемых свай-по табл.7.2[2]. Значения R по табл. 7.2 [2], превышают значения табл. 7.8 в 1,5÷7 раз. Тем самым прямые расчеты F_u по формуле (1) для свай-ЭРТ могут оказаться меньше чем F_u для свай погружаемых в грунт в готовом виде.

Проблема повышения несущей способности F_d свай-ЭРТ по грунту является одной из главных задач геотехнического строительства. На наш взгляд одним из направлений увеличения ее является устройство дополнительных промежуточных опор (подпятников) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

То, что дополнительные уширения (подпятники) существенно увеличивают несущую способность свай буронабивной свай-ЭРТ доказано ниже.

На рис. 2 и 3 приведены результаты измерения сопротивлений под нижним концом и боковой поверхности погружению зонда, инженерно-геологический разрез, а также вертикальные привязки исследуемых свай: забивной свай С 18-35, буронабивной свай-ЭРТ с уширением под пятой и буронабивной свай-ЭРТ с промежуточным уширением (подпятником) и уширением под пятой свай.

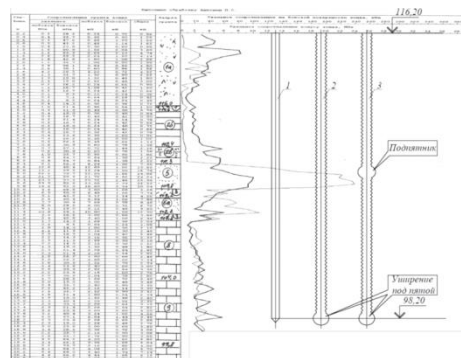


Рисунок 2. Схемы вертикальной привязки свай к определению F_u в точке статического зондирования №1.1. Забивная свая С 18-35; 2. Свая-ЭРТ с одним уширением; 3. Свая-ЭРТ с двумя уширениями.

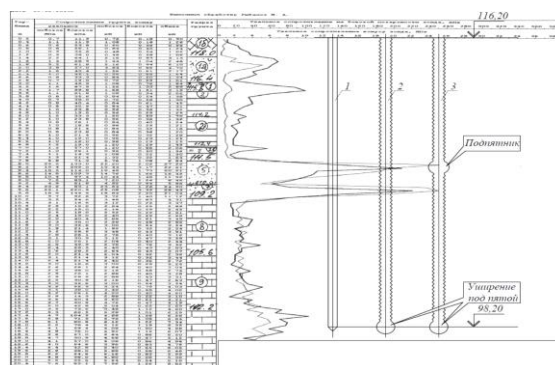


Рисунок 3. Схемы вертикальной привязки свай к определению F_u в точке статического зондирования №2.1. Забивная свая С 18-35; 2. Свая-ЭРТ с одним уширением; 3. Свая-ЭРТ с двумя уширениями.

Кроме того на площадке строительства дополнительно приведены исследования оснований методом статического зондирования (т.3.1 и т.3.2) [1].

В точках зондирования на площадке корпуса №4 и спортивного корпуса имени С.Хоркиной по методике СП 24.13330.2011 [2] определены предельные сопротивления F_{ul} для забивных свай С 18-35 (поз. 1. на рис. 2 и 3): Результаты расчетов F_u приведены в табл. 7 и 8. Для точки зондирования (т.3.) №1 $F_{u1}=920,4$ кН, а для т.3. №2 - $F_{u2}=1130,0$ кН.

Также оценена возможность применения свай-ЭРТ в качестве альтернативы забивным сваям. Рассматривались буроинъекционные сваи-ЭРТ Ø 300 и длиной $l = 18,0$ м:

1. Свай-ЭРТ с уширением под пятой (поз. 2 на рис. 2 и 3);
2. Свай-ЭРТ с уширением (подпятником) в водонасыщенных мелких песках на отметке – $9,2 \div 9,4$ м и уширением под пятой (поз. 3 на рис. 2 и 3).

Согласно поз. 14.10.5 и табл. 2 и 3 [14] диаметр камуфлетного уширения:

$$D_{ku} = d_c \cdot K_u, \quad (2)$$

где d_c – диаметр бурения: $d_c = 0,300$ м;

K_u – коэффициент уширения:

Для мелких водонасыщенных песков равен 1,7, а для глинистых грунтов при $0,75 < I_L \leq 1,0$ $K_u = 1,3$.

Таким образом, диаметр промежуточного подпятника $D_{ku} = 0,30 \cdot 1,7 = 0,510$ м, а диаметр уширения под пятой $D_{ku} = 0,390$ м.

Предельное сопротивление сваи – ЭРТ вертикальной нагрузке F_u по результатам статического зондирования следует определить по формуле 7.25 [2]:

$$F_u = \sum_{i=1}^n R_{si} \cdot A_{ui} + u \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i, \quad (3)$$

где R_{si} – расчетные сопротивления под i -м уширением (из графиков статического зондирования); A_{ui} – площадь i -го уширения; f_i – расчетное сопротивление по боковой поверхности (из графиков статического зондирования) на участках толщиной h_i , м.

Таблица 5

Нормативное боковое сопротивление	Предельное сопротивление сваи-ЭРТ					
	Под нижним концом			По боковой поверхности		
f	$R_s \cdot A$	γ_{sR}	$\gamma_{sR} R \cdot A$	$f \cdot h \cdot u$	γ_{cf}	$\gamma_{cf} f \cdot h \cdot u$
кПа	кН	-	кН	кН	-	кН
1	2	3	4	5	6	7
28,86				31	1,1	38
32,46				40	1,1	44
30,69				38	1,1	42
27,42				33	1,1	36
24,50				31	1,1	34
23,51				29	1,3	38
23,21	1074,0	13	1396,0	28	1,3	31
24,16				29	1,3	32
25,40				31	1,1	34
26,68				33	1,1	36
26,96				33	1,1	36
26,90				33	1,1	35
25,94				32	1,1	35
25,34				32	1,1	35
25,34				32	1,1	35
25,32				32	1,1	35
25,44				32	1,1	35
25,61	269,4	13	350,0	32	1,1	35
						$\Sigma 646$ кН.

Таблица 6

Нормативное боковое сопротивление	Предельное сопротивление сваи-ЭРТ					
	Под нижним концом			По боковой поверхности		
f	$R_s \cdot A$	γ_{sR}	$\gamma_{sR} R \cdot A$	$f \cdot h \cdot u$	γ_{cf}	$\gamma_{cf} f \cdot h \cdot u$
кПа	кН	-	кН	кН	-	кН
1	2	3	4	5	6	7

21,35				26	1,1	29
28,51				35	1,1	39
28,77				35	1,1	39
30,76				38	1,1	42
29,76				37	1,1	41
28,42				35	1,1	39
27,88				34	1,1	37
28,73				35	1,3	39
29,62	1080,0	1,3	1404,0	37	1,3	41
30,28				38	1,3	42
29,67				37	1,1	41
29,12				31	1,1	41
29,26				37	1,1	41
28,81				36	1,1	40
28,53				36	1,1	40
28,56				36	1,1	40
28,66				36	1,1	40
29,07	392,0	1,3	510,0	37	1,1	41
						Σ712 кН.

Расчеты по определению F_u по формуле 3 для точек зондирования № 1 и 2 сведены в табл. 4 и 5.

По значениям величин $\gamma_{cr}R_i \cdot A_i$ и $\gamma_{cf}f_i \cdot h_i$ определяем F_u для свай-ЭРТ (см. табл. 7).

Таблица 7

Точки зондирования	Типы свай-ЭРТ	$\sum \gamma_{cr} R_i \cdot A_i$, кН	$\sum \gamma_{cf} f_i \cdot h_i$, кН	F_u , кН
1	Свая-ЭРТ с уширением под пятой	350,0	646,0	996,0 кН
	Свая-ЭРТ с подпятником и уширением под пятой	350,0+1396,0		2042,0 кН
2	Свая-ЭРТ с уширением под пятой	510	712,0	1222,0 кН
	Свая-ЭРТ с подпятником и уширением под пятой	510,0+1404,0		2226,0 кН

На рис. 4 и 5 приведены результаты испытаний свай С18-35 и буронабивных свай-ЭРТ статическими нагрузками по ГОСТ 5686-2012 [13]. Результаты определений несущей способности свай сведены в табл. 7.

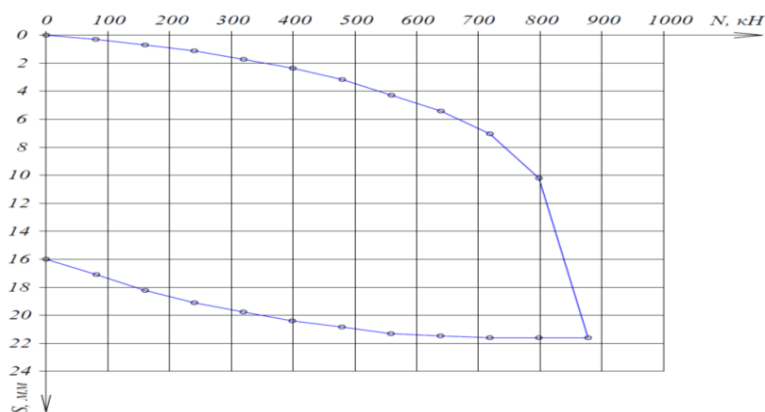


Рисунок 4. График зависимости осадки сваи S от нагрузки N для забивной сваи С 18-35 в т.3 №1 сваи 99 (по [1]).

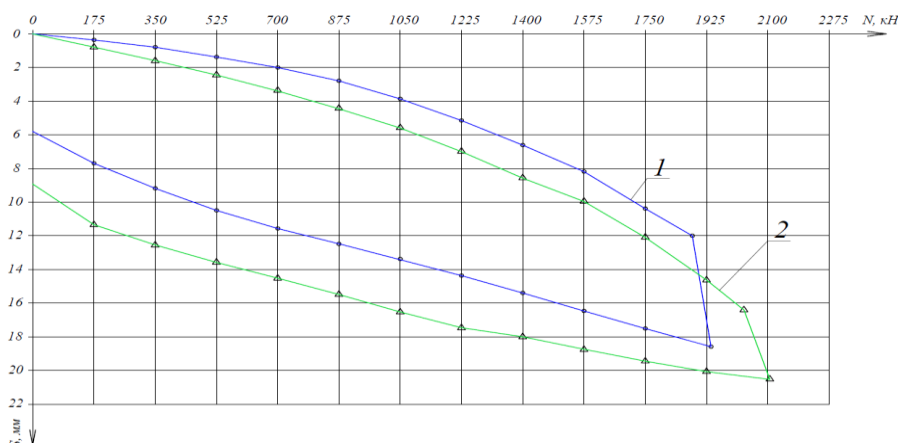


Рисунок 5. Графики результатов испытаний статической нагрузкой буроналивных свай-ЭРТ с промежуточным уширением и уширением под пятой: 1-в точке статического зондирования №1; 2-в точке статического зондирования №2.

Таблица 10

Результаты определений несущей способности свай

№№ п/п	Точки статического зондирования	Забивная свая С18-35	Свая-ЭРТ с уширением под пятой	Свая-ЭРТ с промежуточным уширением и уширением под пятой
1	т.3.1	920,0	996,0	2042,0
		850,0	—	1900,0
2	т.3.2	1130,0	1222,0	2226,0
		—	—	2100,0

Примечание.

В числителе – расчеты F_u по данным статического зондирования [1];

В знаменателе – результаты определения F_u по результатам испытаний свай методом статической нагрузки [13].

Выводы:

Благодаря наличию в основании строительства корпусов БелГУ меловых отложений наиболее оптимальными является буроналивные сваи-ЭРТ. Тиксотропные свойства грунтов существенно повышают несущую способность F_d этих свай. Такие сваи могут применяться на новых застраиваемых участках в долине реки Везёлка города Белгорода.

- Сергеев С.В., Рыбалов М.А. Инженерно-геологические условия функционирования комплекса Белгородского государственного университета / Научные ведомости НИУ «БелГУ», Серия Естественные науки. 2010. №3 (74). Выпуск 10.
- СП 24.13330.2011 актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М.: Минрегион России, 2011. 85с.
- СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). М.: Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (ГОССТРОЙ). 2013.
- Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроналивных свай-ЭРТ // ОФимГ. 2015, №2. с 10-13.
- Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С. 415–420.
- Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. № 1. 2016. Стр. 60-65.

7. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буринъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34.
8. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буринъекционных свай с множественными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
9. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буринъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
10. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. №10. 2016. Стр. 54 - 59.
11. Соколов Н.С. Подходы к увеличению несущей способности буринъекционных свай усиления // Материалы III Международной (IX Всероссийской) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2016) – 2016. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С. 304-316.
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Об ошибочном способе устройства буринъекционных свай с использованием электроразрядной технологии // Жилищное строительство. № 11. 2016. Стр. 20-29.
13. ГОСТ 5686-2012: Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. М., Стандартиформ, 2014. 42 с.
14. ТР 50-180-06 Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (свай-РИТ). М.: Департамент градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы, 2006. 42 с.

Соколов Н.С.

Геотехническая практика укрепления склона

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-642

Аннотация

В статье рассматривается случай использования электроразрядной технологии при устройстве заглубленных конструкций из буринъекционных свай ЭРТ и грунтовых анкеров ЭРТ с целью обеспечения устойчивости оползневого склона и объектов ранее построенных на нем. Для выполнения заявленной задачи в строительной практике имеется ряд современных геотехнических технологий. Оптимальный их выбор возможен только по технико-экономическим показателям. Наиболее часто используемым инструментом в современной практике проектирования является метод итерационного проектирования: "проект-опыт-реальный проект", с помощью которого для рассматриваемого случая определена заанкерованная подпорная стена устраиваемая по электроразрядной технологии. При этом буринъекционная свая ЭРТ и грунтовый анкер ЭРТ являются монолитными железобетонными конструкциями.

Ключевые слова: оползневой склон, грунтовый анкер ЭРТ, буринъекционная свая ЭРТ, электроразрядная технология (ЭРТ).

Abstract

The article considers the use of electrical discharging for arranging embedded structures consisting of EDT continuous flight augers and EDT soil anchors to improve stability of a landslide slope and facilities built on it. To do this, the construction practice applies a number of modern geotechnical solutions. Their optimal selection is possible only with due regard of technical-economic indicators. The most frequently used tool in modern design practice is the iteration design method: design-experience-real project, which was used for the case study to define the anchored back wall installed with the help of electrical discharging. The EDT continuous flight augers and EDT soil anchors are cast-in-situ reinforced concrete structures.

Keywords: landslide slope, EDT soil anchor, EDT continuous flight auger, electrical discharging (EDT).

Сложную геотехническую задачу, связанную с устройством заглубленных железобетонных конструкций [1÷5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] для обеспечения

устойчивости склона и построенных на нем объектов. Рассмотренная схема устройства укрепительных сооружений устроенных по элетроразрядной технологии позволила на одном из объектов в г.Чебоксары возвести трех этажный объект общественного назначения.

Согласно отчета об инженерно-геологических изысканиях в административном отношении исследованный участок проектируемого строительства расположен в северо-западном жилом массиве Московского административного района г.Чебоксары, в микрорайоне «Волжский-3», на пустыре вдоль прогулочной, асфальтированной тротуарной дорожки, восточнее многоквартирного жилого дома по ул. Соколова 10/2 (см. рис.1). В геоморфологическом отношении территория изысканий охватывает денудационное плато с техногенно засыпанным оврагом высотой от 20 до 30м., общую поверхность оползневых тел 2-го и 3-го порядков с примерными отметками (от оползня 2-го порядка к оползню 3-го) 100 и 105 м – расположены в северной части района изысканий. Оползневой склон изучаемого участка долины р.Волги имеет сложное строение. Рельеф площадки изысканий сложный, со значительным перепадом абсолютных отметок от 103,6-105,7м в пределах оползней двух порядков на севере до 127,0-130,9м на юге в пределах денудационного плато с общим уклоном территории в северном направлении – к долине р.Волга. В инженерно-геологическом разрезе площадки строительства до исследованной глубины (до 35.0м) выделено 12 инженерно-геологических элементов - ИГЭ: - ИГЭ № 1. – Насыпные грунты: суглинки тяжелые и пылеватые от тугопластичных до твердых (tQh); - ИГЭ № 2. - Суглинки легкие и пылеватые, твердые (dQh); - ИГЭ №3. – Суглинки лессовые, просадочные, легкие и пылеватые, твердые и полутвердые (prQp); - ИГЭ №4. Алевриты легкие, песчанистые, твердые и полутвердые (P3s+v); - ИГЭ №5. Пески мелкие, плотные, прослоями средней плотности, маловлажные (P3s+v); - ИГЭ №6. Глины легкие и пылеватые, твердые и полутвердые (P3s+v); - ИГЭ №7. Мергели известковые, очень низкой прочности (P3s+v); - ИГЭ №8. Суглинки оползневые, легкие и пылеватые от мягкопластичных до твердых (dpQ); - ИГЭ №9. Алевриты оползневые, легкие и песчанистые от тугопластичных до полутвердых (dpQ); - ИГЭ №10. Пески мелкие, оползневые, рыхлые, влажные и водонасыщенные (dpQ); - ИГЭ №11. Глины оползневые легкие и пылеватые, от мягкопластичных до твердых (dpQ); - ИГЭ №12. Суглинки тяжелые и песчанистые, тугопластичные и полутвердые (dpQ);

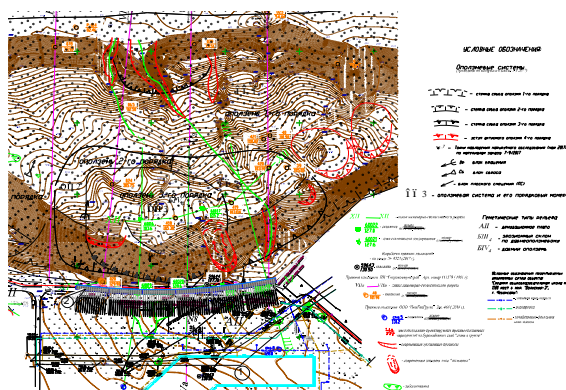


Рисунок 1. Карта фактического материала и опасных инженерно-геологических процессов.

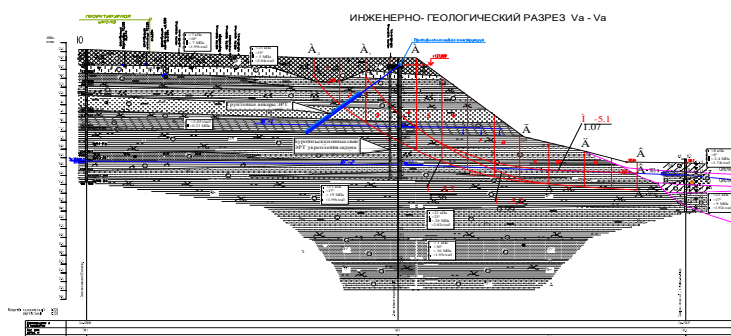


Рисунок 2. Инженерно-геологический разрез по линии Va-Va.

Заглубленные железобетонные конструкции, используемые для укрепления оползневого склона представляют собой буроинъекционные сваи ЭРТ диаметром \varnothing 300 мм и длиной 25,0 м, по оголовкам которых устроен монолитный железобетонный ростверк (рис. 4 и 6). Грунтовые анкера ЭРТ длиной $l=24,0$ м пропущены через его тело (рис. 6). Узел крепления их к конструкции ростверка приведен на рис. 6 (см. узел 1). Технологический регламент устройства свай ЭРТ детально разработан и приведен в [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. В настоящей статье приведены основные позиции этого документа (табл. 1). Необходимо отметить, что грунтовый анкер ЭРТ является монолитной железобетонной конструкцией. Используется цементный раствор с водоцементным отношением В:Ц =0,5:1. В качестве цемента использован портландцемент М500 Д0 (без добавок). Армированием служит стержневая арматура диаметром 36 мм А 500С. В качестве анкерной тяги используется немецкая винтовая арматура диаметром 26,5 мм класса St950/1050.

Грунтовые анкера ЭРТ по условиям эксплуатации относятся к постоянным железобетонным конструкциям, используемым в течение длительного времени. Поэтому в технологическом регламенте детально прописаны мероприятия по антикоррозионной защите стальных элементов и методы поэтапного контроля качества их изготовления.

Конструкция анкера ЭРТ и узлы крепления их к монолитному ростверку имеются на рис. 4,5,6.

Таблица 1

Укрупненный технологический регламент–алгоритм устройства свай ЭРТ.

№ п/п	Наименование проекта алгоритма
	Применяемые методики и средства расчетов
	Конструктивные решения заглубленных конструкций и сооружений
	Условия возведения и эксплуатации конструкций объекта
	Мероприятия по мониторингу за окружающей застройкой, существующих заглубленных сооружений и коммуникаций
	Конструирование буроинъекционных свай ЭРТ
	Материалы буроинъекционных свай ЭРТ
	Изготовление свай ЭРТ
	Формирование скважины бурением
	Бетонирование свай ЭРТ
	Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью
	Монтаж пространственных каркасов
	Уход за бетоном
	Производство бетонных работ при отрицательной температуре воздуха
	Производство бетонных работ при температуре +25 °С
	Обеспечение качества изготовления свай ЭРТ
	Мероприятия по защите основания от сезонного промерзания грунта
	Мероприятия по обеспечению нормальной эксплуатации строящегося здания, функционирования окружающей среды и безопасности на период производства работ

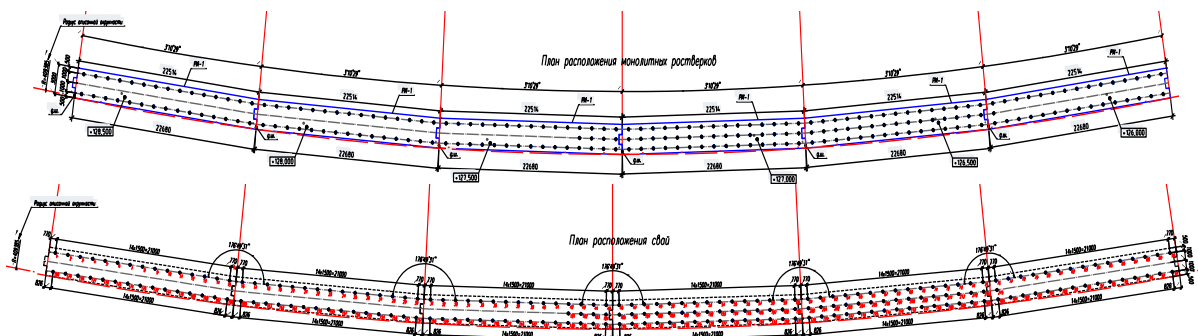


Рисунок 5. Узлы и разрезы к схеме грунтового анкера АГп-24/10 (рис. 4): 1-винтовой арматуры класса SAS St 950/1050 DIN EN 10045 (сталь термомеханически упрочненная производства Германия с усилием при пределе текучести 55т для Ø26.5мм, согласно протоколу испытаний №530 113/3-03 проведенными ФГУП "ЦНИИЧерметим.И.П.Бардина"); 2 – арматура d36 A500с l=11,7м; 3 – арматура d36 A500с l=5,8м; 4, 5, 6 – арматура d20 A500с; 7 – опорная шайба; 8 – соединительная муфта; 9 – труба ПВХ d90мм.

Вывод:

Разрядно-импульсная технология позволяет решить ряд сложных в технологическом отношении и для любых сложных инженерно-геологических условий геотехнические задачи с целью обеспечения устойчивости оползневого склона. При этом использование грунтовых анкеров ЭРТ совместно с буроинъекционными сваями ЭРТ позволяет существенно снизить стоимость укрепления склона по сравнению с консольными подпорными стенами.

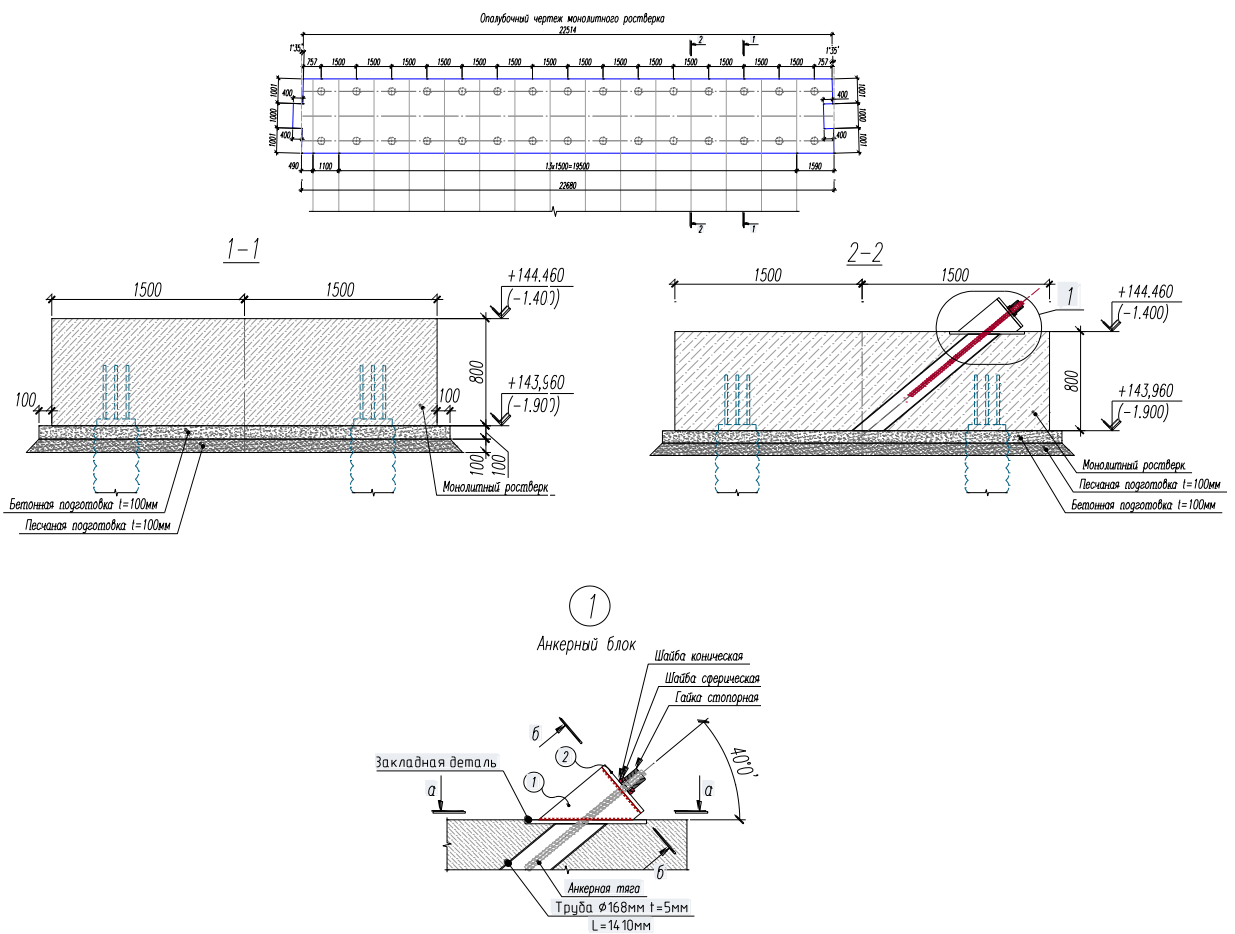


Рисунок 6. Опалубочный чертеж монолитного ростверка. Разрезы 1-1, 2-2. Узел 1. 1. Наклонная труба; 2. Опорная пластина.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М.: Недра, 1986. 301 с.
3. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
4. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
5. Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундамента. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.

6. Патент РФ на полезную модель № 161650. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиринов, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 16.03.2015. Оpubл. 27.04.2016. Бюл. № 2.
7. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 54–57.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт использования буринъекционных свай ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации общественного здания // Жилищное строительство. № 12. 2016. С. 31–36.
9. Соколов Н.С., Никифорова Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Применение свай ЭРТ для ликвидации предаварийной ситуации при строительстве фундамента // Геотехника. 2016. № 5. С. 54–60.
10. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буринъекционных свай-ЭРТ // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 1. С. 10–13.
11. Соколов Н.С. Технология усиления основания фундаментов в стесненных условиях при надстройке четырех дополнительных этажей // Строительные материалы. 2018. №7. с 31-38
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Случай использования электроразрядной технологии при усилении основания и фундаментов реконструируемого объекта // Строительные материалы. 2018. №10. с 00-00
13. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 76-81.
14. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P.71-74.
15. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 57-69.
16. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы.2018. №5. Стр. 44-48.
17. Патент РФ №2605213. Способ возведения набивной конструкции в грунте / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиринов, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 01.07.2015. Оpubл. 20.12.2016. Бюл. № 35.

Соколов Н.С.

Использование свай при усилении оснований

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-643

Аннотация

Буринъекционные сваи, изготавливаемые по электроразрядным технологиям (сваи-ЭРТ) показали высокую эффективность при усилении оснований реконструируемых и аварийных зданий. Сваи-ЭРТ по сравнению с другими буринъекционными и буронабивными сваями имеют повышенные значения несущей способности, как по грунту, так и по материалу. В статье приведены случаи из строительной практики усиления основания фундаментов промышленных корпусов по производству легковых автомобилей и кузнечно-штамповочного цеха по изготовлению деталей ходовой части гусеничных тракторов. Благодаря использованию буринъекционных свай-ЭРТ удалось предотвратить аварийные ситуации на этих объектах.

Ключевые слова: несущая способность, электроразрядная технология (ЭРТ), буринъекционная свая, железобетонный каркас, кузнечный молот, мостовой кран.

Abstract

Continuous flight augers manufactured using electrical discharge technologies (EDT augers) have shown high efficiency when reinforcing foundations of reconstructed and dangerous buildings. EDT augers have higher load-bearing capacity in soil and materials as compared to other bored and augered piles. The article gives case studies of reinforcing foundations of industrial buildings manufacturing passenger vehicles and of a hammer shop manufacturing chassis parts of crawler tractors. Thanks to EDT continuous flight augers, emergencies are prevented.

Keywords: load-bearing capacity, electrical discharge technology (EDT), continuous flight augers, reinforced concrete frame, forge hammer, bridge crane.

Обеспечение условий безаварийной эксплуатации зданий и сооружений является основополагающим фактором для всех этапов строительства и эксплуатации. Особенно это актуально для реконструируемых зданий, а также для зданий предполагаемых к увеличению нагрузок сверх проектных величин.

Ниже рассмотрим случай №1 усиления основания фундаментов одноэтажного производственного корпуса по выпуску легковых автомобилей. Реконструируемое здание представляет собой одноэтажное каркасное сооружение с монолитными железобетонными столбчатыми фундаментами, сборными железобетонными колоннами и сборными стропильными фермами пролетом 24,0 м и 18,0 м. Производственный корпус имеет размеры в плане (см. рис. 1а) в осях Г-Ж и 3-23 – 66,0×120,0 м с двумя пролетами по 24,0 м и одним пролетом 18,0 м. Шаг колонн вдоль буквенных осей – 12,0 м. В каждом пролете функционируют по 2 мостовых крана. В пролетах Г/Д и Д/Е по два крана грузоподъемностью по 500 кН, а в пролете Е/Ж – 2 крана по 200 кН.

В 2000 г. начались проблемы с эксплуатацией корпуса. При наиболее невыгодных сочетаниях крановых нагрузок обнаружены перекосы подкрановых путей. Перепады имеют циклический характер, т.е. величины деформаций знакопеременны. Высокоточные геодезические наблюдения за осадками фундаментов железобетонных колонн подтвердили высокие значения неравномерных деформаций достигающих до 150 мм. На участках с наиболее высокими значениями неравномерных осадок эксплуатация мостовых кранов стала затруднительной.

Таким образом возникла предаварийная ситуация при которой дальнейшая эксплуатация корпуса стала опасной.

Технической комиссией во главе с главным архитектором завода поручено срочно разработать мероприятия по предотвращению предаварийной ситуации на объекте. Она обратилась к ООО НПФ «ФОРСТ» (к авторам настоящей статьи) с просьбой выявить причину деформаций и разработать мероприятия по восстановлению эксплуатационной надежности проблемного производственного корпуса.

Было принято решение укрепления основания фундаментов буроинъекционными сваями, изготавливаемыми по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] с одновременным ведением геотехнического мониторинга.

Инженерно-геологический разрез представлен с поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м., ниже залегают супеси пластичной консистенции до 5,5 м толщиной. Далее залегают глина твердой консистенции мощностью до 2 м. Подстилающим слоем служат **мелкие пески средней плотности водонасыщенные.**

Анализ инженерно-геологических условий позволил предположить, что основная причина деформаций фундаментов – **тиксотропия** (способность грунта разжижаться от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии покоя) грунтов несущего слоя. Пески подвержены этому процессу. Механические воздействия выражены в виде динамических нагрузок от мостовых кранов, как правило, они действуют неравномерно. Так, например, при воздействии кранов на основание по конкретной оси, то в этом месте возникает участок разжижения, а на других осях, где отсутствует воздействие крановых нагрузок, основание эксплуатируется в условиях отсутствия аварийной ситуации.

Тем самым фундаменты под колонны «тонут» по очереди, увеличивая крены каркаса, что усугубляет эксплуатацию кранов. После прекращения динамических воздействий деформации фундаментов прекращаются.

Согласно поручению комиссии ООО НПФ «ФОРСТ» разработало проект усиления основания фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ. Сваи Ø 200 и длиной 12,0 пронизывают нижнюю ступень столбчатых фундаментов. Несущим слоем пяты свай являются пески мелкие водонасыщенные. Количество свай-ЭРТ под разные фундаменты отличается. Так по оси «Ж» - 6 шт.; по оси «Е» - 14 шт.; по оси «Д» - 18 шт.; по оси «Г» - 10 шт. (рис. 1а). На рис. 1б приведен инженерно-геологический с вертикальной привязкой фундаментов, а на рис. 1в фрагмент плана свай-ЭРТ усиления основания фундаментов.

Осуществление мероприятий по усилению оснований фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ позволило создать условия для безаварийной работы мостовых кранов и всего железобетонного каркаса прессового корпуса в целом.

Геотехнический мониторинг за деформацией оснований фундаментов подтвердил их отсутствие после завершения работ по устройству свай-ЭРТ.

Второй случай успешного применения буроинъекционных свай-ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации здания кузнечно-штамповочного цеха (КШЦ) агрегатного завода в г. Чебоксары. Благодаря воздействию динамических нагрузок от 10 кузнечных молотов здание пришло в аварийное состояние. На всех кирпичных стенах ограждения появились деформационные трещины имеющие тенденцию к увеличению. Появившаяся неравномерность деформаций каркаса привела к сбоям эксплуатации мостовых кранов. Кроме того размеры площадок опираний плит покрытий, а также строительных ферм и подкрановых путей в ряде случаев уменьшились до величин близких к аварийной ситуации. Для предотвращения аварийной ситуации чрезвычайная комиссия под эгидой управления капитального строительства завода поручила ООО НПФ «ФОРСТ» разработать противоаварийные мероприятия, включающие: 1) обследование технического состояния аварийного здания; 2) разработка мероприятий по минимизации отрицательного влияния вибраций от воздействия кузнечных молотов на здание цеха и прилегающие сооружения; 3) производство работ по восстановлению эксплуатационной надежности здания КШЦ.

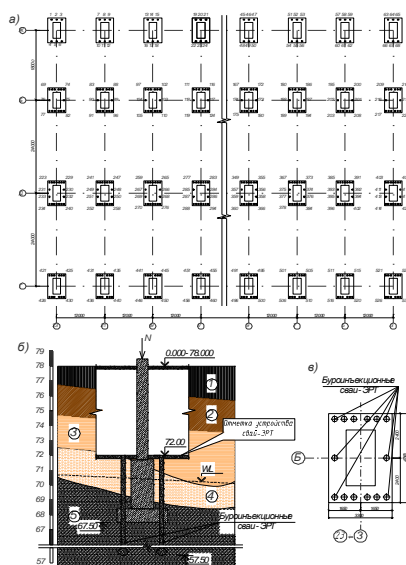


Рисунок 1. а План расположения буроинъекционных свай-ЭРТ; б – Сечение фундамента в осях Д/12 с привязкой в инженерно-геологический разрез; в – план буроинъекционных свай-ЭРТ усиления основания в осях Б/5.1- насыпной грунт; 2- суглинок полутвердый; 3- супесь; 4- глина твердая; 5- пески мелкие водонасыщенные.

Наиболее рациональной и приемлемой конструкцией усиления основания фундаментов была принята и использована буроинъекционная свая, изготавливаемая по разрядно-импульсной технологии (свая-ЭРТ). Свая-ЭРТ [6:11, 13] обладая рядом преимуществ по сравнению с буроинъекционными сваями без уплотнения стенок скважин и буронабивными сваями, в том числе повышенными значениями несущей способности, примерно в 1,5÷1,8 раза, как по грунту, так и по телу, что предполагает компактное размещение их в теле усиливаемого фундамента.

Проектом противоаварийных мероприятий предусмотрено усиление оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов №1,3 с массой ударных частей $Q=30$ кН и №5,7 с массой ударных частей $Q=50$ кН. На рис. 2 приведен план усиления оснований фундаментов каркаса здания цеха и кузнечных молотов №1,3,5,7.

Здание кузнечно-штамповочного цеха Чебоксарского агрегатного завода представляет каркасное сооружение с размерами в плане в осях (А÷Е)/(1÷20) – 30,0×114,0 м. Фундаменты

здания монолитные железобетонные с глубиной заложения 2,5 м. Колонны - сборные железобетонные двухветвевые. Конструкции покрытия - железобетонные ребристые плиты покрытия по стальным строительным фермам. В цеху функционируют десять кузнечных молотов.

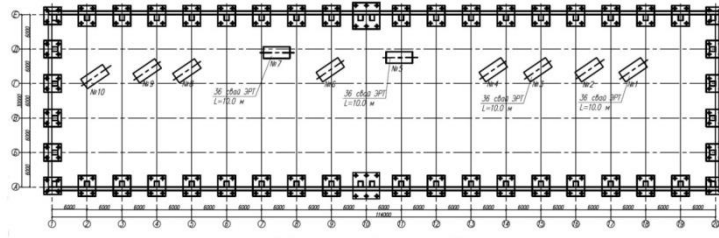


Рисунок 2. План свайного поля из буронабивных свай-ЭРТ усиления оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов №№1,3,5,7.

Инженерно-геологические условия строительной площадки представлены от поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м, ниже залегает суглинок тугопластичный мощностью 3÷3,5 м. Ниже подстилается суглинок мягкопластичный, под которым залегает глина алевритовая тугопластичная.

В таблице 1 приведены физико-механические свойства грунтов, а на рис. 3 инженерно-геологический разрез с вертикальной привязкой фундаментов железобетонного каркаса здания и кузнечного молота №3.

Таблица 1

Физико-механические свойства грунтов.

№ слоев	Удельный вес, γ , кН/м ³	Показатель текучести, I_L , д.е	Угол внутреннего трения, ϕ , град	Удельное сцепление, C , кПа	Модуль общей деформации, E_0 , кПа
1	$R_o = 100$ кПа				
2	18,5	0,45	27°	40	6500
3	19,01	0,58	20°	15	5400
4	21,0	0,15	32	45	12500

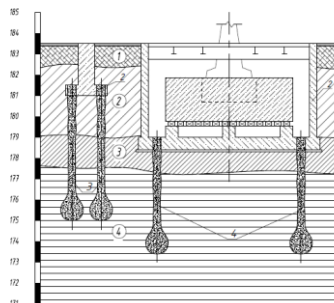


Рисунок 3. Инженерно-геологический разрез: 1 – фундамент каркаса здания; 2 – фундамент кузнечного молота; 3 – буронабивные сваи-ЭРТ усиления основания фундаментов кузнечных молотов; (1) – насыпной слой; (2) – суглиной тугопластичный; (3) – суглинок мягкопластичный; (4) – глина алевритистая тугопластичная.

Производство работ по усилению основания фундаментов каркаса и молотов производила ООО Научно-производственная фирма «ФОРСТ». Вовремя производства работ по реконструкции и после в течение года производился геотехнический мониторинг.

Кроме того были организованы исследования динамического воздействия кузнечных молотов на основание [14].

Измерения проводились в феврале 2002 г. в молотовом отделении КШЦ Чебоксарского агрегатного завода. Регистрировались колебания при работе молотов №№1,3,5,7 и №6 в осях 12-13. Кроме того, в ряде случаев работали молота №№2,4,10, что не оказывало в точках измерения значительных изменений. Выбор источников воздействия и точек измерения определялся их близостью к месту установки нового молота в осях 16-17.

Исследования [14] подтвердили, что свайное поле из свай-ЭРТ удовлетворяет требованиям п. 1.21 СНиП 2.02.05-87 "Машины с динамическими нагрузками". Статическое давление под подошвой условного фундамента колонн составляет 240 кПа, что меньше расчетного сопротивления грунта основания 330 кПа. Это указывает на допустимость имеющихся вибраций с точки зрения образования дополнительных осадков фундаментов колонн.

Таким образом, усиление оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов с помощью буроинъекционных свай позволили ликвидировать аварийную ситуацию здания кузнечно-штамповочного цеха.

Выводы:

В статье приведены два **удачных примера** использования буроинъекционных свай-ЭРТ для предотвращения критических (преаварийных) состояний каркаса зданий. Использование этих свай в качестве свай усиления оснований позволили продлить срок службы этих зданий приведя их в безаварийные эксплуатируемые состояния.

1. Патент на изобретение №23/8961. Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Авторы изобретения: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №8.
2. Патент на изобретение №23/8960. Способ возведения набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.М. Рябинов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №7.
3. Патент на изобретение №2250958. Устройство для изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
4. Патент на изобретение №2250957. Способ изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
5. Патент на изобретение №2282936. Генератор импульсных токов / Авторы: Н.С. Соколов, Ю.П. Пичугин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2006. - №24.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
7. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 407-411.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 415–420.
10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. Стр. 60-65.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2
12. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Патент на изобретение. Полезная модель. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. // Бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности. 2016.

13. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буронагнеточных свай с местными уширениями. // Геотехника. №3.
14. Заключение «Инструментальное обследование здания КШЦ и прогнозирование колебаний проектируемого фундамента на кузнечный молот 17КШ 5 т/с» на Чебоксарском агрегатном заводе». НИИ оснований и подземных сооружений. Москва. 2002 г.

Соколов Н.С.

Надежная эксплуатация объекта ОКН

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-644

Аннотация

Задача обеспечения надежной эксплуатации объектов существующей застройки является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. Как правило, фундаменты любого здания и сооружения вследствие их эксплуатации в сложных условиях подвержены воздействию подземных вод, промораживанию и оттаиванию и другим негативным воздействиям. С целью снижения отрицательных воздействий на них, как правило, рабочим проектом предусматриваются горизонтальная и вертикальная гидроизоляции. По истечении времени эти элементы часто выходят из строя, частично или полностью прекращая первоначально заданные параметры по исключению замачивания фундаментов. Особенно это актуально для объектов культурного наследия (ОКН), потому как требования по безаварийной эксплуатации повышенные. Статья является обзорной и в ней рассматривается один из случаев технического обследования фундаментов здания Чувашского драматического театра.

Ключевые слова: цементация, отсечная гидроизоляция, портландцемент, скважина, пакер-кондуктор, ликвидационный тампонаж, дренаж.

Abstract

Ensuring safe operation of existing buildings is a relevant issue in modern geotechnical construction. Usually, foundations of any building or structure are subject to the effects of underground water, freezing, thawing and other negative effects since they are operated in complicated conditions. To reduce these effects, the detailed design provides for horizontal and vertical water-proofing. After some time, these elements fail, fully or partially losing their ability to prevent moistening of foundations. This is especially relevant for cultural heritage sites because they present higher safety requirements. The article represents an overview and considers a case study of the Chuvashia Drama Theater foundation.

Keywords: cementation, shutoff water-proofing, Portland cement, well, conductor packer, abandonment, drainage.

Наиболее ответственным конструктивным элементом объекта [1-10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 10] является фундамент. Особые требования по эксплуатации предъявляются к бутовым фундаментам. При этом как горизонтальная, так и вертикальная гидроизоляции должны быть в нормативном состоянии на весь срок службы здания и сооружения.

С целью обследования фундаментов и цоколя было намечено и выполнено шесть шурфов, исследовались участки цокольной части колонн портика для решения следующих инженеринговых задач:

Таблица 1

1	<i>Обмеры для проверки соответствия фундаментов проектной документации</i>
2	<i>Выявление заглубленных участков стен с применением кирпича пустотного</i>
3	<i>Выявление и фиксация дефектов и повреждений заглубленных участков стен, определение технического состояния фундаментов здания</i>
4	<i>Проверка наличия и состояния гидроизоляции</i>
5	<i>Инструментальная проверка влажности заглубленных конструкций</i>

6	Инструментальное определение прочностных характеристик заглубленных конструкций
7	Отборы проб грунта для последующих лабораторных определений физико-механических характеристик
8	Оценка несущей способности фундаментов

Ниже приведены краткие описания технического состояния тела фундаментов в шурфах.

Шурф №1 в осях 2/(Д-Е)

Шурф выполнен с уровня пола подвала. Проходка шурфа выполнена на глубину 60,0 см ниже подошвы фундамента.

Грунты тяжело поддаются разработке, вертикальные откосы шурфа устойчивые, вода в шурфе не обнаружена. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатам обмеров фундамент заглублен ниже проектной отметки и соответствует исполнительной документации, габариты фундаментов соответствуют проектной документации.

Фундамент из монолитного бетона на известковом щебне, железобетонная лента монолитная высотой 400,0 мм.

На поверхности бетона имеются раковины, образовавшиеся в результате некачественного уплотнения бетонной смеси и не превышают 5,0 % поверхности монолитного бетона. Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено.

По результатам неразрушающего контроля прочность конструкций составляет:

Таблица 2

1	бетона монолитного фундамента не менее В15
2	бетона железобетонной ленты не менее В15

С целью определения физико-механических свойств грунтов геологами произведен отбор проб грунтов для последующих лабораторных исследований.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как работоспособное.

Шурф №2 в осях 12/Ж

Шурф выполнен с уровня цокольного этажа. Проходка шурфа выполнена на глубину 41,0 см ниже подошвы фундамента.

Грунты тяжело поддаются разработке, вертикальные откосы шурфа устойчивые, вода в шурфе не обнаружена. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатам обмеров габаритные размеры фундамента соответствует проектной и исполнительной документации.

Фундамент возведен из монолитного бетона на известковом щебне, железобетонная лента монолитная высотой 400,0 мм. Монолитный фундамент поднимается выше уровня пола на 420,0 мм. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте и цоколе не обнаружено.

По результатам неразрушающего контроля прочность конструкций составляет:

Таблица 3

1	бетона монолитного фундамента не менее В12.5
2	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
3	керамического полнотелого кирпича М125
4	цементно-песчаного раствора кладки М100

По результатам выборочного контроля зондовым датчиком влажность кирпича в

цоколе составляет 0,0 % (допустимое значение 2,0 %).

С целью определения физико-механических свойств грунтов геологами произведен отбор проб грунтов для последующих лабораторных исследований.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как работоспособное.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как работоспособное.

Шурф №3 в осях 10/Н

Шурф открыт с уличной стороны. Проходка шурфа выполнена на глубину 137,0 см ниже поверхности асфальтобетонного покрытия.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Фундамент возведен из монолитного бетона на известковом щебне, с консолью 150,0 мм под цокольную часть кладки. Бутовая кладка заглублена в грунт на 540,0мм. В кирпичной кладке предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. Штукатурный слой в увлажненном состоянии и разрушается. Кирпичная кладка в увлажненном состоянии.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций составляет:

Таблица 4

1	бетона монолитного фундамента не менее В15
2	керамического полнотелого кирпича М125
3	цементно-песчаного раствора кладки М100

Результаты и проблематика

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на уровне асфальтобетона составляет от 14,5% до 19,3%, выше асфальтобетона на 250,0 мм - 3,6-7,0%, на уровне перекрытия в пределах от 0,0 до 2,3%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин оценивается как ограниченно работоспособное.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как ограниченно работоспособное.

Шурф №4 в осях (4-5)/А

Шурф выполнен с уличной стороны. Проходка шурфа осуществлена на глубину 10,0 см ниже подошвы фундамента.

Вертикальные откосы шурфа устойчивые, грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

По результатам обмеров габаритные размеры фундамента соответствует проектной и исполнительной документации.

Фундамент из монолитного бетона на известковом щебне, с консолью 140,0 мм под цокольную часть кладки. Железобетонная лента монолитная высотой 400,0 мм. Кладка заглублена в грунт на 360,0 мм. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. Кирпичная кладка под гранитной облицовкой в увлажненном состоянии.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций составляет:

Таблица 5

1	бетона монолитного фундамента не менее В12.5
2	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
3	керамического полнотелого кирпича М150
4	цементно-песчаного раствора кладки М100

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на уровне асфальтобетона составляет от 2,9% до 6,4%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин оценивается как ограниченно работоспособное.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как ограниченно работоспособное.

Шурф №5 в осях 10'/Н

Шурф открыт с уровня цокольного этажа. Проходка шурфа выполнена на глубину 111,0 см от уровня пола.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Фундамент выполнен из монолитного бетона на известковом щебне. Между кирпичной кладкой и фундаментом предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений в фундаменте не обнаружено. На внутренней поверхности стены в штукатурки имеются следы замачивания, но сама стена сухая. Кирпичная кладка не увлажнена.

По результатам неразрушающего контроля материала с внешней стороны прочность конструкций фундамента составляет:

Таблица 6

1	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
2	керамического полнотелого кирпича М150
3	цементно-песчаного раствора кладки М50

По результатам выборочного контроля внутренней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе составляет от 0,0 % до 0,5%.

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе на 350,0 мм выше асфальтобетона от 4,4% до 10,2%, на 900,0 мм выше асфальтобетона 0,0-1,5%, на уровне перекрытия в пределах от 0,8 до 1,8%.

Категория технического состояния фундамента по результатам натурного и инструментального обследования с учетом имеющихся трещин оценивается как ограниченно работоспособное.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как ограниченно работоспособное.

Шурф №6 в осях 14/(Е-Ж)

Шурф открыт на уровне цокольного этажа с уличной стороны. Расположен на участке входа инженерных коммуникаций.

Грунтовые воды в шурфе не обнаружены. Опасных физико-геологических явлений, размывов и провалов грунтового основания, заболачивания и эрозии грунтов не выявлено.

Бутовая кладка выполнена из одинарного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе. В кирпичной кладке предусмотрена горизонтальная гидроизоляция из двух слоев рубероида.

Трещин, ослаблений, разрыхлений и других разрушений не обнаружено. Кирпичная кладка в сухом состоянии. Имеются участки с выпадением кирпича.

По результатам выборочного контроля внешней поверхности стены зондовым датчиком влажность кирпича в цоколе равна 0,0%.

Категория технического состояния цоколя по результатам натурного и инструментального обследования оценивается как ограниченно работоспособное.

С целью восстановления гидроизоляции, заполнения трещин и пустот, обеспечения монолитности конструкций фундаментов разработан проект отсечной цементации. Алгоритм геотехнической технологии приведен ниже.

Таблица 7

1	Цементация выполняется цементно-полимерными растворами состава 1:0,15:0,3 (цемент: полимер ПВА: песок); В/Ц=0,6; модуль крупности песка $M_k=1$	
2	Для усиления кладки инъекционный раствор, приготовленный из портландцемента без минеральных добавок марки М500, нагнетается при низких значениях давлениях (не более 0,2-0,3 МПа) в ствол скважины до расчетного отказа, за который принимается прекращение поглощения раствора скважиной при давлении нагнетания 0,3 МПа	
3	Технологический процесс по цементационному закреплению кладки:	
	3.1	разетка скважины
	3.2	алмазное бурение скважины диаметром 59,0 мм до проектной отметки устья
	3.3	установка пакера-кондуктора в пробуренную скважину
	3.4	изготовление инъекционного раствора
	3.5	нагнетание инъекционного раствора при низких давлениях 0,2-0,3 МПа
	3.6	опрессовка
	3.7	извлечение пакера из скважины
	3.8	ликвидационный тампонаж путем доливки в скважины рабочего раствора и заделка отверстий (после схватывания раствора) песчано-цементным раствором до выравнивания поверхности колонны
4	Буровые скважины в каждой колонне выполняются в восемь захваток в последовательности согласно данного листа. Приступать к бурению последующей скважины допускается после цементации и набора не менее 70,0% прочности цементационного раствора и тампонажа предыдущей	
5	В случае ухода раствора в грунт, о чем свидетельствует резкое снижение давления нагнетания, нагнетание в данной скважине прекратить и дать ей выстояться в течение двух дней, после чего продолжить нагнетание. При необходимости перебурить цементный камень	
6	Колонковое бурение следует начинать с колонн по сечению 6-6, 7-7, 8-8, 10-10, 11-11 или 12-12	
7	Все геотехнические работы по цементации бутовой кладки фундамента должны сопровождаться геодезическим контролем за осадками здания с регулярностью один раз в неделю	

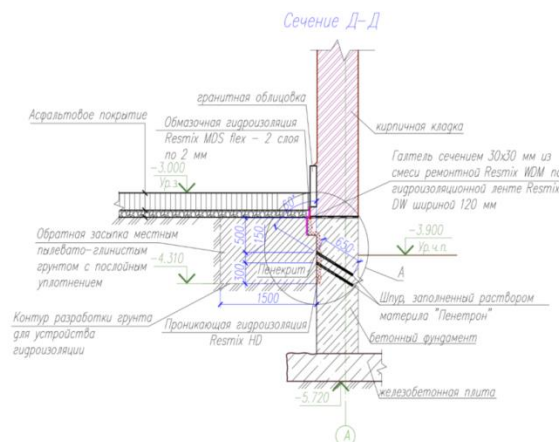


Рисунок 1. Схема устройства инъекционных скважин по оси «А».

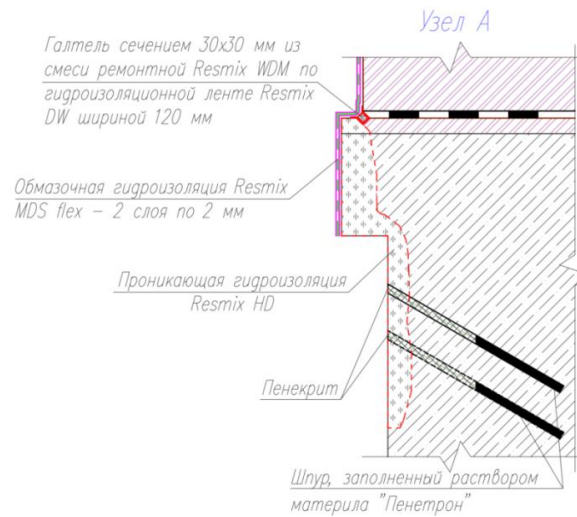


Рисунок 2. Схема устройства инъекционных скважин (для устройства проникающей гидроизоляции).

Сечение 2–2, 13–13, 14–14

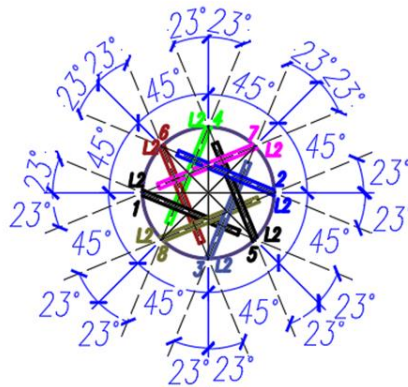


Рисунок 3. Схема устройства инъекционных скважин (план в осях «Б» и «М»).

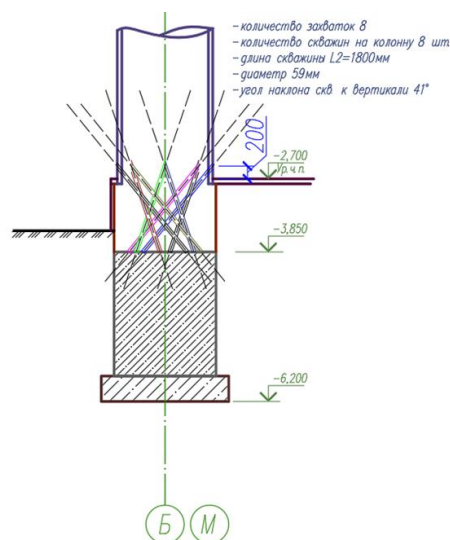


Рисунок 4. Схема устройства инъекционных скважин (разрез в осях «Б» и «М»).

Заключение:

1. Целью проведения настоящего технического обследования является определение действительного технического состояния элементов здания

(цокольной части стены и фундаментов), получение количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, влажности и др.) в объеме необходимом и достаточном для разработки научно-проектной документации на проведение работ по капитальному ремонту цоколя и фундаментов.

2. Сведения об объекте культурного наследия регионального (республиканского) значения «Здание Чувашского государственного академического театра им К.В.Иванова, 1961 г.» расположенное по адресу: Чувашская Республика, г. Чебоксары, Красная площадь, д.7, включенный в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации в качестве объектов культурного наследия регионального (республиканского) значения приказом Минкультуры Чувашии от 10 июля 2020г. № 01-07/377.
3. В ходе натурного и инструментального обследования технического состояния строительных конструкций выявлены следующие дефекты и повреждения:

Таблица 8

3.1	сквозные осадочные трещины шириной раскрытия 1,0-2,0 мм на всю высоту здания в наружных стенах
3.2	множественные температурно-усадочные трещины на фасадах по всему периметру здания шириной раскрытия до 1,0 мм
3.3	увлажнение внешних поверхностей стен на уровне цоколя
3.4	отслаивание штукатурного слоя в цокольной части на внешних поверхностях стен
3.5	локальные участки с расслоением кладки на уровне цоколя (скол внешнего угла стены)
3.6	недопустимое качество кирпичной кладки цоколя колонн портика, увлажнение, расслоение кладки
3.7	горизонтальные и наклонные трещины в кладке на стыке трюмовых помещений со сценической коробкой

4. По результатам неразрушающего контроля материала прочность заглубленных конструкций составляет:

.1	бетона монолитного фундамента не менее В12.5
.2	бетона железобетонной ленты не менее В12.5
.3	керамического полнотелого кирпича кладки стен М125
.4	цементно-песчаного раствора кладки стен М50

Прочность материала строительных конструкций удовлетворяет требованиям проекта.

5. Эксплуатационная влажность наружных поверхностей цоколя кирпичных стен превышает нормативные значения. Эксплуатационная влажность внутренних поверхностей кирпичных стен в пределах нормы.
6. Категория технического состояния фундаментов и цоколя внутренних стен, а также цоколя наружных стен по осям 2, 4, В, Л оценивается как работоспособное. Категория технического состояния цоколя остальных наружных стен оценивается как ограниченно работоспособное. Категория технического состояния кладки цоколя колонн портика центрального входа оценивается как недопустимое. Категория технического состояния фундаментов ограниченно работоспособное. Категория технического состояния внутренних стен трюмовых помещений со сценической коробкой оценивается как ограниченно работоспособное.

7. Согласно выполненных расчетов среднее давление под подошвой фундаментов не превышает расчетного сопротивления грунтов в естественном состоянии.
8. С целью недопущения снижения эксплуатационных качеств и технического состояния конструкций здания выполнить мероприятия по приведению цоколя колонн портика центрального входа и цоколя наружных стен в работоспособное техническое состояние:

Таблица 9

.1	устройство горизонтальной отсечной гидроизоляции в цокольной части здания
.2	устройство вертикальной гидроизоляции заглубленной части кирпичной кладки
.3	усиление кирпичной кладки цокольной части кирпичных колонн портика цементацией
.4	замена прямков на боковых фасадах

9. На момент обследования активных деформаций оснований фундаментов не выявлено. Осадочные трещины на фасадах проходят в тех же местах, что и выявлены в ранее выполненных работах с 1990 г. Организовать геодезические наблюдения за осадками здания с целью контроля за деформациями стен и недопущения ухудшения эксплуатационных качеств строительных конструкций в условиях проявления просадочности специфических грунтов, неполного усиления оснований фундаментов газовой силикатизацией, наличием осадочных трещин в стенах и планируемой реконструкции сценического пространства. В качестве основных стеновых марок использовать сохранившиеся, остальные установить заново, репера использовать ранее установленные и новые. В условиях эксплуатации здания геотехнические наблюдения следует проводить не реже через полгода, а в условиях капитального ремонта, реставрации и приспособления - через месяц.

1. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений /НИИСК. - М.: Стройиздат, 1989.
2. Мальганов А.И. «Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий»/ А.И. Мальганов, В.С. Плевков, Полищук А.И.- Томск, 1990.
3. Гроздов В.Т. «Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений»/ В.Т. Гроздов.- СПб.: Издательский дом KN+,2000.
4. Cai, F., Ugal, K. 2000. Numerical analysis of the stability of a slope reinforced with piles. Soils and Foundations 40 (1): 73-84.
5. Hassiotis, S, Chamcau, J.L.,Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123 (4). 314-323.
6. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Detervation of pile base resistance in sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 125 (8). 673-683.
7. Pichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Opyt osvoeniya podzemnogo prostranstva rossijskih megapolisov [Experience Of Development Of Russian Megacities Underground Space]. Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering], 2012, no. 2, pp. 17-20.
8. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Георекострукция, 2010. 551 с.
9. Pichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Konovalov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
10. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov //The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.

11. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure// Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 76-81.
12. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P.70-74.
13. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 56-69.
14. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
15. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017.№ 11. С. 20-25.
16. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2016.№10. С.54.
17. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.
18. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
19. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2016.№10. С.54.

Соколов Н.С.

Понижение полов подвала с использованием свай

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-645

Аннотация

Разрядно-импульсная геотехническая технология (технология ЭРТ) устройства буроинъекционных свай является новым направлением в освоении подземного пространства. Благодаря ее специфике она является оригинальной и универсальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроинъекционные сваи и анкера ЭРТ в стесненных и наиболее стесненных условиях повышенной несущей способности. Технология, в которой одним из циклов устройства свай является использование генератора импульсных токов (ГИТ), способствует повышению качества изготовления свай и грунтовых анкеров ЭРТ, проявляющееся в соблюдении сплошности тела конструкции и свободному погружению в нее пространственных армокаркасов. Благодаря формированию высокоэнергетических импульсов и созданию условий, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины качество изготовления конструкций ЭРТ возрастает. Использование технологии ЭРТ при новом строительстве в стесненных условиях даже в случаях максимального приближения к ранее построенным объектам позволяет заглублять новые фундаменты гораздо ниже их абсолютных отметок существующих.

Ключевые слова: буроинъекционная свая ЭРТ, грунтовый анкер ЭРТ, инженерно-геологические условия, алгоритм, генератор импульсных токов.

Abstract

The electric discharging technology (EDT) for driving continuous flight augers is a new trend in development of underground spaces. This technology is flexible and unique. Unlike other technologies, it can produce continuous flight augers and EDT anchors in confined conditions of high load-bearing capacity. One of the cycles in driving augers is using a pulse current generator (PCG), which improves quality of making augers and EDT soil anchors that ensure continuous body of the structure and free immersion of spatial reinforced frames into it. The manufacturing quality of EDT structures is improved thanks to high-energy impulses and creating conditions when a shock wave is formed and develops as an electric hydraulic effect in fine concrete on the soil in bore well walls. Using the EDT technology in new construction in confined conditions enables placing new

foundations much lower than the absolute elevations of the existing ones, even in case of minimal distance to the previously erected facilities.

Keywords: EDT continuous flight auger, EDT soil anchor, engineering and geological conditions, algorithm, pulse current generator.

Строительство объектов в стесненных условиях является весьма актуальной задачей современного геотехнического строительства [1-8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Согласно нормативам п.п. 9.33, 9.34, 9.35 и п.12.4, 12.8 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» обязательным требованием при строительстве объектов в районах существующей городской и промышленной застройки является выполнение геотехнического прогноза и ведение геотехнического мониторинга. Согласно п. 9.33 «При проектировании оснований, фундаментов и подземных частей вновь возводимых или реконструируемых сооружений, располагаемых на застроенной территории, необходимо выполнять геотехнический прогноз (оценку) влияния строительства на изменение напряженно-деформированного состояния окружающего грунтового массива, в том числе оснований сооружений окружающей застройки. П.12.1 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» утверждает, что геотехнический мониторинг представляет собой комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки.

Здание имеет сложную многоугольную форму в плане, габаритные размеры здания составляют 19,48x22,44 м (см. рис.1).

Для устройства подземной части строительства и снижения влияния на существующие объекты предусмотрена разработка строительного котлована глубиной от 2,77 м до 4,0 м. Абсолютная отметка дна котлована 149,60 м.

В качестве ограждения строительного котлована предусмотрено устройство шпунтового ограждения из буроинъекционных свай диаметром 300 мм. Для закрепления подпорной стены от горизонтальных деформаций предусмотрены буроинъекционные грунтовые анкеры ЭРТ.

В соответствии с п. 9.36 СП 22.13330.2016 радиус зоны влияния нового строительства равен $r_{зв} = 5 \cdot H_k$ для котлована, разрабатываемого с устройством заанкеренного ограждения из свай ЭРТ, $r_{зв} = 3 \cdot H_k$ для котлована, разрабатываемого с устройством консольного ограждения из свай ЭРТ. Таким образом, зона влияния составила 12,0-15,5 м.

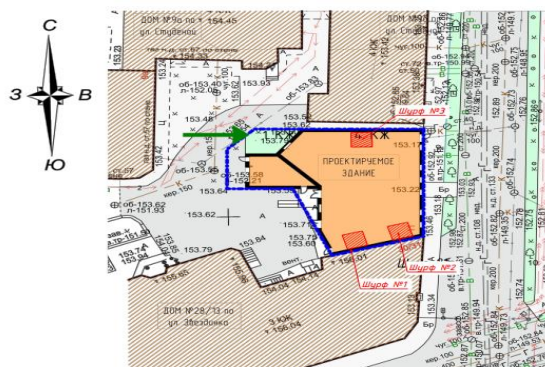
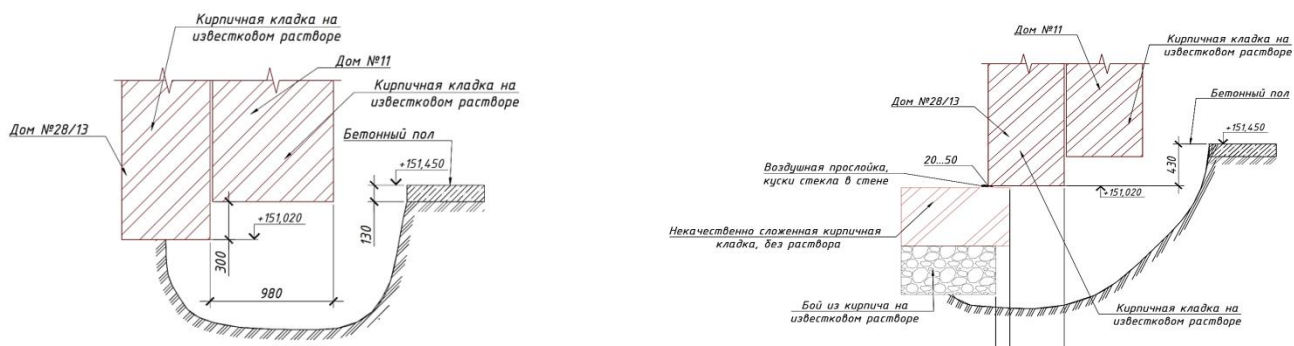


Рисунок 1. Схема расположения шурфов.



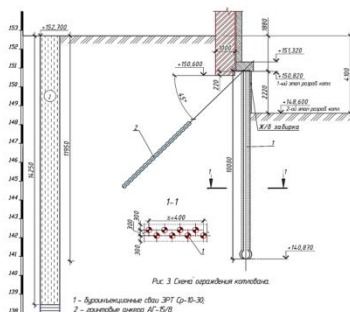


Рисунок 2. Схема ограждения по ул. Студеная, 9.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДИКИ И СРЕДСТВА РАСЧЕТОВ: **1.1.** Расчет несущей способности свай выполнялся согласно п. 7.2.6 СП 24.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты»; **1.2.** Расчет устойчивости подпорной стены рассчитывался в программном комплексе GeoWall 6; **1.3.** Геотехнический прогноз влияния проектируемого здания на существующие в программном комплексе Wall-3.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАГЛУБЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ: **2.1.** Специальное вспомогательное сооружение представляет собой подпорную стенку, состоящую из конструкций ограждения и анкерных конструкций; **2.2.** Конструкции ограждения из буронабивных свай ЭРТ по электро-разрядной свайной технологии. По верху сваи объединяются между собой с помощью шапочногo бруса (обвязочной балки); **2.3.** Грунтовые анкеры устраиваются после первого этапа разработки котлована. Представляет собой преднапряженные элементы с железобетонным корнем, получаемым путем электрогидравлической обработки грунта стенок по длине скважины.

ДОПУСКИ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ И ДЕФОРМАЦИЯМ: **3.1.** Прогнозируемая дополнительная осадка фундаментов существующего здания по ул. Звездинка, 28/13, находящегося в зоне влияния нового строительства, соответствует требованиям таблицы К.1 СП 22.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» и составляет не более 10,0 мм; **3.2.** Прогнозируемая дополнительная осадка фундаментов существующего здания по ул. Студеная, 9, находящегося в зоне влияния нового строительства, соответствует требованиям таблицы К.1 СП 22.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» и составляет не более 10,0 мм; **3.3.** Абсолютные горизонтальные перемещения верха ограждающей конструкции приведены в геотехническом прогнозе.

УСЛОВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ: **4.1.** В ходе устройства шпунтового ограждения в непосредственной близости со зданиями №28/13 и №9 соблюдать этапность разработки грунта; **4.2.** Первый этап разработки грунта осуществляется до уровня подошвы существующего дома №11; **4.3.** 2-й этап разработки грунта выполнять после устройства свай, шапочногo бруса (обвязочной балки), натяжения грунтовых анкеров ЭРТ; **4.4.** Приступать к разработке грунта следует только при соответствии прочности возведенных конструкции требованиям настоящего проекта; **4.5.** До начала устройства подпорной стенки и до засыпки пазух фундаментов реконструируемого здания производить геотехнический мониторинг за окружающей застройкой, попадающих в зону влияния.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО МОНИТОРИНГУ ЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКОЙ, СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И КОММУНИКАЦИЙ: **5.1.** Обязательным условием ведения работ на данной площадке является проведение

геотехнического мониторинга для объектов нового строительства и реконструкции. **5.2.** Мониторинг выполняется специализированными организациями по специальному проекту; **5.3.** Методы геотехнического мониторинга.

КОНСТРУИРОВАНИЕ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ ЭРТ: **6.1.** Сваи вертикальные сплошного сечения диаметром бурения 300,0 мм, армированы на всю длину арматурными каркасами; **6.2.** Принятая маркировка свай: Ср-7-30 (длина 7,0 м, буровой диаметр 300,0 мм), Ср-9-30 (длина 9,0 м, буровой диаметр 300,0 мм), С-10-30 (длина 10,0 м, буровой диаметр 300,0 мм); **6.3.** Заглубление пяты свай в ИГЭ №2 (Суглинок тугопластичный), ИГЭ №3 (Глина твердая); **6.4.** Анкеровка (арматурный выпуск из головы сваи) в железобетонный ростверк 300,0, 400,0 мм; **6.5.** Заделка головы (железобетонный оголовок) сваи в железобетонный ростверк 50,0 мм; **6.6.** Для устройства буроинъекционных свай ЭРТ предусмотрена бетонная подготовка из тяжелого бетона марки М100 толщиной не менее 100,0 мм.

МАТЕРИАЛЫ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ ЭРТ: **7.1.** Для свай использовать самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марка по водонепроницаемости не ниже W6 в соответствии с ГОСТ 26633-2015 "Бетоны тяжелые и мелкозернистые", приготовленным на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах; **7.2.** Бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-2020 "Смеси бетонные"; **7.3.** Удобоукладываемость бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ; **7.4.** Водоотделение бетонной смеси не более 2,0 %; **7.5.** Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10,0 мм; **7.6.** Для бетонных смесей использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500; **7.7.** Заполнителем для бетона служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1,7; **7.8.** При изготовлении свай допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки; **7.9.** Вода для бетонной смеси водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10,0 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4,0 до 12,5; **7.10.** Запрещается добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности; **7.11.** Подбор состава бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией; **7.12.** Армирование свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение этих каркасов между собой выполнять внахлестку с применением вязальной проволоки диаметром 1,5-2,0 мм; **7.13.** В качестве продольных стержней пространственного каркаса принята арматура диаметром 18,0 мм класса А500С. Поперечное армирование из арматуры диаметром 10,0 мм класса А240. Защитный слой бетона не менее 30,0 мм; **7.14.** Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 159,0 мм с толщиной стенки не менее 4,0 мм; **7.15.** Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20,0 мм толщиной 4,0 мм в количестве не менее 3-х в одном поперечном сечении арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 2,0 м; **7.16.** Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А; **7.17.** Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ ЭРТ: **8.1.** Технологическая последовательность изготовления свай ЭРТ включает следующие операции: **8.1.1.** Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением. **8.1.2.** Нагнетание (инъекция) в скважину мелкозернистой бетонной смеси. **8.1.3.** Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью. **8.1.4.** Установка пространственных каркасов с одновременной их стыковкой между собой. **8.1.4.** Уход за бетоном оголовка. **8.2.** Допускается выполнять электро-разрядную обработку скважины после установки арматурных каркасов. **8.3.** При устройстве свай последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 2,5 м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными

сваями допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних. **8.4.** До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранный зоны, устанавливаемой в соответствии с п.3.22 СНиП 3.02.01-87 "Земляные сооружения, основания и фундаменты". **8.5.** В случае обнаружения не указанных в проекте подземных сооружений, коммуникаций или обозначающих их знаков работы должны быть приостановлены, на место работы вызваны представители заказчика и организаций, эксплуатирующих обнаруженные коммуникации, и приняты меры по предохранению обнаруженных подземных устройств от повреждения. Допускается вынос заказчиком существующих коммуникаций из зоны производства работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций.

ФОРМИРОВАНИЕ СКВАЖИНЫ БУРЕНИЕМ: 8.1.1. Бурение шнековое следует выполнять в соответствии с проектом производства работ; **8.1.2.** Установка для бурения УБГ-СГ "БЕРКУТ"; **8.1.3.** В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте в основании сваи. При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества свай и т.д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора; **8.1.4.** Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта; **8.1.5.** Бетонирование скважин должно производиться не позднее 8 часов после окончания бурения. При невозможности бетонирования в указанный срок бурение скважин начинать не следует, а уже начатых прекратить.

НАГНЕТАНИЕ (ИНЪЕКЦИЯ) СКВАЖИНЫ МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ БЕТОННОЙ СМЕСЬЮ: 8.2.1. Нагнетание мелкозернистой бетонной смеси осуществляется до устья скважины через инъекционную трубу – иньектор диаметром не менее 40,0 мм, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплывания частиц грунта; **8.2.2.** Приготовление мелкозернистого бетона производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи бетона применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). Давление нагнетается 0,5-5,0 МПа; **8.2.3.** Следует контролировать объем закачиваемой в скважину бетонной смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину бетонной смеси должен превышать 2,5 объема выбуренного грунта; **8.2.4.** Перерывы в подаче отдельных порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией; **8.2.5.** Не допускается понижение уровня бетонной смеси в устье скважины ниже нижней кромки трубы кондуктора.

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА СКВАЖИНЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ БЕТОННОЙ СМЕСЬЮ: 8.3.1. Мощность накапливаемой энергии не менее 40,0 кДж. **8.3.2.** Обработка забоя. **8.3.3.** Формирование тела сваи по длине ствола выполнять ярусами с шагом ярусов электроразрядной обработки 1.0 м и количестве электровзрывов на каждом горизонте не менее 5.

Верхняя часть ствола сваи на глубину 2,0 м электрогидравлической обработке не подвергается. **8.3.5.** В процессе формирования тела сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до устья. Долив смеси производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и снижения уровня бетонной смеси. **8.3.6.** По результатам контроля падения уровня бетонной смеси в опытной скважине или объема добавляемой бетонной смеси и

сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента, при необходимости, откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.

МОНТАЖ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КАРКАСОВ: 8.4.1. Нижнюю секцию арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой.

8.4.2. Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане. **8.4.3.** При погружении арматурного каркаса в скважину допускается:

8.4.4. Если при погружении арматурного каркаса в скважину, встретится препятствие и каркас не будет погружаться.

8.4.5. Секции каркасов перед установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.

УХОД ЗА БЕТОНОМ: 8.5.1. В течение первых двух суток после изготовления свай следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор доливать бетонную смесь до устья скважины; **8.5.2.** При формировании оголовков свай каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя; **8.5.3.** Сразу после окончания бетонирования, выступающие над поверхностью земли оголовки свай, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами; **8.5.4.** В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения; **8.5.5.** В начальный период ухода свежееуложенная бетонная смесь в оголовках свай должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙ ЭРТ: 9.1. Изготовление свай ЭРТ должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 10 лет; **9.2.** Для электроразрядной обработки скважины, заполненной бетонной смесью, использовать генератор импульсных токов ГИТ, подтвержденный сертификатом соответствия; **9.3.** При изготовлении свай ЭРТ следует освидетельствовать: **9.4.** Контроль прочности бетона осуществлять по ГОСТ 18105-2010 "Бетоны, правила контроля прочности" и ГОСТ 10180-2012 "Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам" путем отбора проб бетонной смеси на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.4.3.2 ГОСТ 10180-2012. **9.5.** Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2011 "Организация строительства", должны составляться на заверченный процесс (сваю), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены. **9.6.** Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на заверченные технологические процессы по изготовлению свай ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика.

КОНСТРУИРОВАНИЕ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

Конструктивные решения заглубленных конструкций (см. рис. 3) представляют собой:

- 1. Специальное вспомогательное** удерживающее сооружение представляет собой подпорную стенку, состоящую из конструкций ограждения и анкерных конструкций.
- 2. Конструкции ограждения** котлована на рассматриваемом участке представляют буроинъекционные сваи \varnothing 350 изготавливаемых по электроразрядной технологии (свай-ЭРТ [14÷21]) закрепленные от горизонтального смещения грунтовыми анкерами длиной 18 м и 17 м по ЭРТ технологии, выполненных под углом 30° . Шаг грунтовых анкеров, а также расстояние от дна котлована до соответствующего яруса анкеров приняты согласно указанным в проекте планам.
- 3. Грунтовые анкера** (анкера ЭРТ) устраиваются после первого этапа разработки котлована, согласно указанным в проекте инженерно-геологическим разрезам и представляют собой преднапряженные элементы

с железобетонным корнем, получаемым путем электроразрядной обработки грунта его стенок (рис. 3,4).

Расчеты по прочности элементов подпорных стен выполнены в программном комплексе GeoWaLL, основанного на методе Блюма-Ламейера (способ "упругой линии").

Возведения и эксплуатация конструкций грунтовых анкеров произведены по следующему алгоритму (рис. 3): В ходе устройства подпорной стенки разработана этапность разработки грунта; **1. 1-й этап разработки** грунта предусматривает разработку грунта до отметок, указанных на соответствующих разрезах; после установки шпунтового ограждения в проектное положение; **2. Грунтовые анкеры** 1го яруса выполняются после 1 этапа разработки грунта на отметке +132.350м; **3. Второй этап** разработки предусматривает выемку грунта до абсолютной отметки (+130.850м); **4. Третий этап** разработки предусматривает выемку грунта до проектной отметки дна котлована +129.150м; **5. К разработке грунта** следует приступить только при соответствии прочности возведенной конструкции требованиям проекта; **6. Во время устройства** шпунтового ограждения до засыпки пазух фундаментов производится геотехнический мониторинг деформаций окружающей застройки; **7. В процессе эксплуатации** грунтовых анкеров не допускаются динамические, вибрационные воздействия на них до засыпки пазух котлована; **8. Не допускаются** превышения равномерно распределенных нагрузок на бровке более указанного в проекте.

Устройство буринъекционных анкеров ЭРТ представляет следующую последовательность:

1. **Формирование скважины бурением:**
 - 1.1. **Бурение шнековое**, выполняется в соответствии с проектом производства работ. Установкой для бурения УБГ-СГ "БЕРКУТ" или аналога.
 - 1.2. **Бурение скважин** выполняется с рабочих отметок, указанных в проекте.
 - 1.3. **Для разворота** буровых машин и возможности установки анкерных каркасов ширина грунтовой бермы должна составлять не менее 18 м.
 - 1.4. **В процессе бурения** контролируются параметры грунта по глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Устанавливаются соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины проектным значениям на уровне корня анкера.
 - 1.5. **Подъем бурового инструмента** проводится только после установления того, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно природного давления грунта.
2. **Цементация скважины грунтового анкера:**
 - 2.1. **Заполнение скважины** производится до устья через бетонолитную колонну диаметром не менее 40мм, опускаемую до забоя методом ВПТ (верх поднимающиеся трубы). После достижения забоя, скважина должна быть промыта цементным раствором. Промывка цементным раствором продолжается до прекращения всплывания частиц грунта. **2.2. Приготовление цементного раствора** производится на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи раствора применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). **2.3. Контролируется объем** закачиваемого в скважину цементного раствора, сопоставляя его с проектным значением, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанного в скважину раствора должен превышать объем выбуренного грунта.

3. **Программа электроразрядной обработки скважины, заполненной цементным раствором:**

3.1. Необходимая мощность накапливаемой энергии не менее 50 кДж.

3.2. Длина коаксиального кабеля от ГИТ до электродной системы составляет не более 80м, включая длину анкера (высоковольтный кабель ТИП-2 - 50м, кабель высоковольтный импульсивный малоиндуктивный (КВИМ) — 30,0 м).

3.3. Обработка высоковольтными электрическими разрядами производится по длине корня грунтового анкера сериями не менее 15 разрядов на каждом уровне. Шаг уровней составляет от 1.0 м.

3.4. Расчетное увеличение бурового диаметра (150 мм) корня анкера необходимо довести до 200 мм, для этого контролируется уровень цементного раствора в скважине до начала обработки одного уровня и после завершения обработки. За «отказ» принимается понижение уровня раствора в скважине за последние 5 разрядов не более 10 мм. Для установления факта «отказа» осуществляется контроль изменения уровня раствора в скважине после каждого разряда или серии из 5-ти разрядов.

3.5. Осуществляется контроль за достижением общего объема поданного в скважину раствора, включая доливку уровня, превышающего объем пройденной скважины (объем грунта, извлеченного из данной скважины).

3.6. По результатам контроля падения уровня цементного раствора в опытной скважине или объема добавляемого раствора и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента корректируется программа обработки корня анкеров электрическими разрядами.

4. **Монтаж анкерного каркаса:**

4.1. Анкерный каркас опускается плавно, без рывков.

4.2. Контролируется положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепляется от случайного погружения и смещения в плане.

4.3. Каркас перед установкой очищается от случайно налипшего на него грунта.

5. **Порядок натяжения грунтовых анкеров включает следующую последовательность:**

5.1. До начала работ устанавливаются все элементы анкерного крепления на планируемой для натяжения захватке.

5.2. Косые шайбы привариваются электродуговой сваркой непосредственно на строительной площадке к опорным пластинам (плитам) стального распределительного пояса.

5.3. Кубиковая прочность цементного камня корня анкера должна быть не менее 20 МПа. Для контроля набора прочности в процессе изготовления анкеров отбираются 9 кубиков 10x10x10см, которые испытываются в возрасте 3,7 (для внутреннего пользования) и 10 суток (для отчета).

5.4. Испытательная нагрузка назначается согласно [1] равной $P_u = 1,2 * P_w$. Контрольные испытания проводятся на каждом десятом анкере, начиная с нагрузки $P_0 = 0,2 * P_u$. Анкер нагружается ступенями. Порядок нагружения: Первая ступень - P1; Вторая ступень - P2; Третья ступень - P3; Четвертая ступень - P4; Пятая ступень - P5; Шестая ступень - P6; Седьмая ступень - испытательная нагрузка P_u . Каждую ступень

выдерживают не менее 15 мин до наступления стабилизации деформаций анкеров ЭРТ. Затем производят разгрузку до величины P_0 , при которой измеряют упругие и остаточные перемещения. Фиксацию величин перемещений производят на каждой ступени через каждые 3 мин. Последнюю ступень нагрузки выдерживают до наступления стабилизации анкеров в течение 30 мин, затем снижают до величины P_0 , замеряют упругие и остаточные перемещения анкеров и доводят нагрузку до значения P_6 (блокировочная нагрузка), потом закрепляют анкер на опорной конструкции.

- 5.5. В случае не достижения** испытательной нагрузки в процессе проведения контрольных испытаний, за испытательную нагрузку принимается нагрузка последней стабилизировавшейся ступени (несущая способность грунтового анкера), с последующим вычислением расчетной нагрузки на анкера с учетом коэффициента надежности, равным 1,2. С учетом этого автором проекта корректируется блокировочная нагрузка и корректируется проектное решение.
 - 5.6. При малых значениях** абсолютных перемещений грунтового анкера (менее 20мм) после достижения стабилизации деформаций при контрольных испытаниях производится догружение анкера ступенями равными $P_0=0,2*P_u$ с выдерживанием на каждой новой ступени условной стабилизации деформаций. При этом должна обеспечиваться прочность материала и узлов анкерного крепления на сверхпроектные нагрузки.
 - 5.7. Приемочным испытаниям** подвергается каждый рабочий анкер, за исключением анкеров, повергнутых контрольным испытаниям. Приемочные испытания начинаются с нагрузки P_0 , при которой фиксируются начальные отчеты перемещения анкера и доводятся до величины P_u , выдерживая её в течение 15 мин, и замеряя перемещение анкера через 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин, далее уменьшают нагрузку до величины P_0 , замеряя упругое перемещение анкеров, увеличивают нагрузку до блокировочной P_6 и закрепляют анкер до конструкции.
 - 5.8. Несущая способность** и испытательные нагрузки приемочных анкеров определяются как минимальное значение результатов испытаний из не менее чем двух ближайших контрольных анкеров.
- 6. Обеспечение качества изготовления грунтовых анкеров включает:**
- 6.1. Изготовление грунтовых** анкеров должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организовано система обеспечения качества [2], что должно быть подтверждено сертификатом соответствия.
 - 6.2. При этом, изготовлении** следует освидетельствовать: а) планово-высотную привязку буроинъекционных свай ЭРТ; б) диаметр и глубину скважин на соответствие проекту; в) вид грунта в основании анкера и его соответствие учтенному проекту (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании); г) уплотнение грунта в основании свои, разрушенного буровым инструментом; д) соответствие анкерного каркаса проекту (длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узлы соединения стержней) и глубину погружения каркаса в скважину; е) качество приготавливаемого цементного раствора (расход материалов); ж) затруднения при погружении анкерного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки

свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола корня); з) погружение электродной системы; расход цементного раствора, используемого при производстве анкеров ЭРТ: 1) при заполнении скважины; 2) при обработке корня на каждом горизонте; 3) суммарный расход цементного раствора на каждую скважину.

6.3. Контроль прочности цементного раствора осуществляется по [3] и [4] путем отбора проб цементного раствора на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п. 2.3.2 [4].

6.4. Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2004 "Организация строительства" [5], должны составляться на завершённый процесс (анкер), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены.

6.5. Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на завершённые технологические процессы по изготовлению анкеров ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика.

6.6. Работы производятся в соответствии со [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16], и проекта производства работ (ППР). **6.7. Качество основных материалов** определяется требованиями градостроительного кодекса и Закона о техническом регулировании, что должно быть подтверждено сертификатами соответствия, государственным стандартом РФ.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Pyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буронагнеточных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буронагнеточных свай ЭРТ с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной свай // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование. 2017. № 12. С. 38–43.
12. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15. 2017. 4, 482. p. 518–523.
13. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронагнеточных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.

14. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
15. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. С. 34-38.
16. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания // Строительные материалы. 2019. №6. С. 67-72.

Соколов Н.С.

Случай усиления основания объекта

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-646

Аннотация

Реконструкция зданий и сооружений в стесненных условиях представляет собой сложную технологическую задачу, связанную: 1) с обеспечением безопасной эксплуатации зданий окружающей застройки в зонах геотехнического влияния; 2) с обеспечением надежной эксплуатации оснований фундаментов с использованием заглубленных железобетонных конструкций как, например буроинъекционные сваи, выполняемые по электроразрядным технологиям; 3) обеспечением надежной эксплуатации надфундаментных конструкций при возросших нагрузках на здания с помощью специальных конструктивных решений; 4) обеспечением надежной эксплуатации тела фундаментов одним из существующих методов как, например, цементацией. Статья является обзорной и рассматривает случай реконструкции объекта общественного назначения с использованием электроразрядной технологии при усилении тела оснований фундаментов с помощью буроинъекционных свай ЭРТ.

Ключевые слова: реконструкция, нагрузки, зона влияния, электроразрядная технология, сваи ЭРТ, несущая способность.

Abstract

Reconstruction of buildings and structures in confined conditions represents a complicated process task requiring: 1) safe operation of surrounding buildings in geotechnical affect zones; 2) safe operation of foundations using embedded reinforce concrete structures such as continuous flight augers made using electrical discharging; 3) safe operation of superstructures using special structural solutions when exposed to high loads; 4) safe operation of foundation bodies using one of the available methods such as cementation. The article represents an overview and considers a study case of reconstructing a public facility using electrical discharging by reinforcing the foundation body using EDT continuous flight augers.

Keywords: reconstruction, loads, affect zone, electrical discharging, EDT augers, load-bearing capacity.

Реконструируемое здание состоит из пяти блоков:

Блок №1 в осях «1-4+А-Г», размеры в осях 18,63x18,0м, трехэтажный, с подвалом, цокольным этажом и техническим чердаком. Конструктивная система - неполный каркас с железобетонными колоннами и ригелями с шарнирными узлами опирания ригелей, и наружные стены из каменной кладки. Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент- железобетонная плита.

Блок №2 в осях «4-12÷А/1-В/1», размеры в осях 42,855x15,16м, четырехэтажный, с подвалом, цокольным этажом и техническим чердаком. Конструктивная система - стеновая с продольными несущими стенами из каменной кладки. Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент - железобетонная плита. Покрытие чердака и перекрытие четвертого этажа на данный момент полностью демонтированы.

Блок №3 (рис.2) в осях «12-15÷А-К», размеры в осях 18,965x48,46м. трехэтажный, с подвалом, цокольным этажом (частично, в осях «А-Е») и техническим чердаком.

Конструктивная система - неполный каркас с железобетонными колоннами и ригелями в осях «А-Е» и стальными колоннами и балками в осях «Е-К» с шарнирными узлами опирания ригелей и балок, и наружные стены из каменной кладки Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент - железобетонная плита в осях «А-Г» и железобетонный ленточный в осях «Г-К».

Блок №4 (рис.2) в осях «13/1-15÷К-Л», размеры в осях 11,32x15,62 м, четырехэтажный, с цокольным этажом и техническим чердаком. Конструктивная система - стеновая с продольными несущими стенами из каменной кладки, со стальными балками перекрытий, узлы опирания балок шарнирные. Перекрытия - над цокольным этажом - цилиндрические своды из керамического полнотелого кирпича по металлическим балкам, над остальными этажами - сборные железобетонные плиты. Фундамент - ленточный из кладки из известняка.

Блок №5 (рис.2) в осях «15-16÷А-К», размеры в осях 9,88x48,46м; одноэтажный, с подвалом в осях А-Г, цокольным этажом в осях А-К, надземным этажом в осях А-Е. Конструктивная система - неполный каркас с каменными колоннами и ригелями с шарнирными узлами опирания ригелей, и наружные стены из каменной кладки. Перекрытие над цокольным этажом - сборные железобетонные плиты, покрытие - из асбестоцементных полых плит с заполнением минеральной ватой по металлическим балкам Фундамент - железобетонный ленточный под стены и отдельностоящий столбчатый под колонны.

При реконструкции здания в соответствии архитектурными объемно-планировочными решениями предполагалось изменение планировочной и конструктивной схемы здания и существенное увеличение нагрузок на фундаменты.

В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах древнеаллювиальной террасы Клязьмо-Яузского протока. Поверхность территории участка на период проведения изысканий (1947-1990 гг.) характеризовалась абсолютными отметками 149,80-151,35м. По материалам ГБУ «Мосгоргеотрест» на период проведения изысканий **геолого - литологическое строение** участка на глубину пройденных скважин представляется в следующем виде: с поверхности до глубины 1,3-4,5м участок покрыт техногенными грунтами (t-Q_{IV}), представленными песками, с включением строительного щебня, обломков кирпича, щепы древесины и шлака, слежавшимися, влажными. Под техногенными грунтами залегают **верхнечетвертичные аллювиальные отложения (a-Q_{III}^{IK-J})** представленные в основном песками, реже суглинками, местами встречены прослой торфа. Пески желтые и желтовато-серые, мелкие, средней плотности, влажные и водонасыщенные Суглинки серые, иловатые, мягкопластичные. Торф встреченный в СКВ. №14-3608 г/с непосредственно под насыпью, сильно разложившийся, водонасыщенный. Мощность аллювиальных отложений составляет 1.5-2.7м. В скважине №2 встречены **моренные суглинки (g-Q_{II}^d)**. Суглинки коричневые, песчанистые, с тонкими прослоями водонасыщенного песка, с включениями гравия и гальки, мягкопластичные, мощностью 1,0 м.

Местами моренные суглинки размыты и аллювиальные отложения подстилаются **флювиогляциальной толщей окско-днепровского горизонта (f-Q_{II}^{o-d})**, представленные супесями и песками: Супеси - темно-коричневые и черные, пылеватые, слюдистые, пластичные, местами текучие; Пески - желтые и коричневые, средней крупности, неоднородные, с гравием и щебнем кремнистых пород, средней плотности, водонасыщенные. Полная мощность флювиогляциальных отложений составляет 5.8-7.0м., вскрытая мощность 4.7-5.8м. Под толщей четвертичных отложений на глубине 10.3-10.5м (абс. отм. 140.85-139.98) встречены отложения **верхней юры представленные волжским (J_{3v}) и оксфордским (J_{3ox}) ярусами**. Отложения **волжского яруса** представлены супесями черными, пылеватыми, слюдистыми с прослоями глауконитового песка, полутвердыми, мощностью 3,2 м. Отложения **оксфордского яруса** представлены глинами черными, пылеватыми, слюдистыми с крупными фосфоритами и включениями обломков фауны, мощностью 6,8-10,1 м. **Каменноугольные отложения** развиты на глубине 20.4-20.5м (абс.

отм. 129,88-130,85м) и представлены подсвитами: - измайловской (C_{3izm}), мещеринской (C_{3mse}), перхуровской (C_{3pr}), неверовской (C_{3nvr}), ратмировской (C_{3rt}). **Каменноугольная толща** представлена известняками трещиноватыми, мергелями и мергелистыми глинами, доломитами. Вскрытая мощность каменноугольных отложений составляет 10,6-35,0 м. Последовательность залегания, мощность и характер распространения геологических слоев приведены на геолого-литологическом разрезе (рис 1).

Анализируя геотехнический опыт устройства буровых свай на рассматриваемом объекте использованы буроинъекционные сваи, выполняемые по электроразрядным технологиям – сваи ЭРТ. Эти сваи обладают максимальными значениями несущей способности на 1 куб/метр сваи и наиболее востребованы для работы в стесненных условиях [1÷5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

На рис. 2,3,4 приведены план свай ЭРТ и характерные сечения. В зависимости от нагрузок и инженерно-геологических разрезов в плане использованы сваи ЭРТ разной длины – от 13,0 м до 17,0 м. Армирование их приведено на рис. 5.

Вся технологическая цепь производства свай ЭРТ на конкретном объекте ниже расписана в виде технологического регламента – алгоритма устройства буроинъекционных свай ЭРТ.

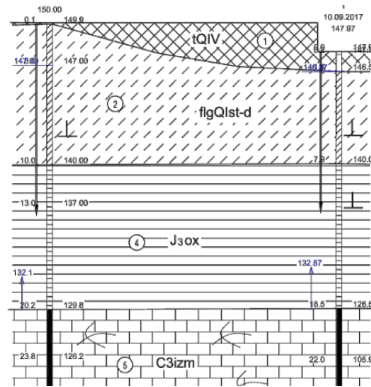


Рисунок 1. Характерный инженерно-геологический разрез: 1 – песчано суглинистые грунты со щебнем кирпича, бетона; 2 – супесь пластинчатая, пылеватая, с прослоями песка водонасыщенного; 3- песок средней крупности, средней плотности, маловлажный; 4- глины тяжелые, слюдяные, твердые; 5- известняк средней прочности, сильнотрещиноватый, водоносный.

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения физико-механических свойств грунтов.

Номер ИЭ	Краткая характеристика грунтов	Нормативные характеристики									Расчетные характеристики			Расчетные характеристики		
		Плотность грунта, г/см ³	Плотность частиц, г/см ³	Влажность, д.е.	Коэффициент пористости, e	Показатель текучести, П	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	Rсж, МПа	При доверительной вероятности 0,85			При доверительной вероятности 0,95		
											Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, МПа	Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Техногенный грунт	Расчетное сопротивление R ₀ =150 кПа														
2	Супеси пылеватые, пластичные	2,02	2,69	0,221	0,63	0,52	16	0,019	17		2,01	15	0,018	2,00	15	0,018

	ые															
3	Пески средней крупности, водонасыщенные, средней плотности	2,00	2,65	0,147	0,65	-	1,9	0,001	28		1,98	33	0,001	1,96	32	0,00
4	Глины твердые	1,79	2,74	0,381	1,10	-0,074	1,7	0,069	19		1,78	16	0,067	1,78	16	0,065
5	Известняк средней прочности, прослоями прочный	2,34	-	0,070	-	-	-	-	-	34	2,29	-	-	2,28	-	-

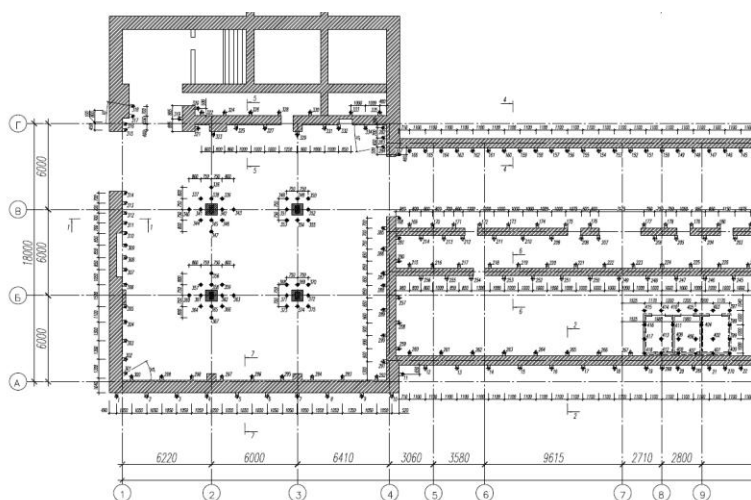


Рисунок 2. Схема расположения свай усиления в осях (1-16)/(А-Г).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ - АЛГОРИТМ УСТРОЙСТВА БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ-ЭРТ

1. Применяемые методики и средства расчетов: Расчет несущей способности свай выполнялся согласно СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.

2. Конструктивные решения заглубленных конструкций и сооружений: Методика предотвращения развития опасных деформаций предусматривает пересадку фундаментов мелкого заложения на свайный.

3. Условия возведения и эксплуатации конструкций реконструируемого объекта: До начала всех строительных работ выполнить на участке инженерно-геологические изыскания, на основании которых уточняются длины свай ЭРТ.

4. Мероприятия по мониторингу за окружающей застройкой, существующих заглубленных сооружений и коммуникаций: Обязательным условием ведения работ на данной площадке является проведение геотехнического мониторинга. Период геотехнического мониторинга - до начала проведения усиления фундаментов и не менее 2-х лет после усиления. Метод геотехнического мониторинга: визуально-инструментальный - наблюдение за состоянием конструкций, в том числе поврежденных, с фиксацией дефектов

маяками или аналогичными устройствами, фотофиксация и т.д. Сроки наблюдений: - при производстве свай усиления не реже 2-х раз в неделю; - после устройства свай усиления - не реже 1 раза в месяц (в зависимости от динамики развития трещин).

5. Конструирование буронабъекционных свай ЭРТ: **5.1** Максимальная допустимая вертикальная расчетная нагрузка на сваю 110÷200 кН. **5.2** Сваи буронабъекционные сплошного сечения диаметром бурения 150 мм, армированы на всю высоту арматурными каркасами. **5.3** Принятая маркировка свай: Ср-12,5-15, Ср-13,5-15, Ср-14-15, Ср-15-15, Ср-16-15, Ср-16,7-15, Ср-17-15, Ср-18-15, Ср-19-15 (длина свай соответственно 12,5; 13,5; 14,0; 15,0; 16,0; 16,7; 17,0; 18,0; 19,0 м) буровой диаметр 150 мм. **5.4** Заделка верха сваи в фундамент составляет не менее 1000мм.

6. Материалы буронабъекционных свай ЭРТ:

- 6.1.** Для свай использовать самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марка по водонепроницаемости не ниже W6 в соответствии с ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», приготовленным на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах.
- 6.2.** Бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».
- 6.3.** Удобоукладываемость бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ.
- 6.4.** Водоотделение бетонной смеси не более 2%.
- 6.5.** Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10мм.
- 6.6.** Для бетонных смесей использовать бездобавочный портландцемент марки не ниже М500.
- 6.7.** Заполнителем для бетона служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1.7.
- 6.8.** При изготовлении свай допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки.
- 6.9.** Запрещается добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности.
- 6.10.** Подбор состава бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией.
- 6.11.** Армирование свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение этих каркасов между собой выполнять внахлестку с применением вязальной проволоки диаметром 1,5-2.0мм.
- 6.12.** В качестве продольных стержней пространственного каркаса принята арматура диаметром 16 мм класса А500С. Поперечное армирование из арматуры диаметром 8 мм класса А240. Защитный слой бетона не менее 30мм.
- 6.13.** Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб d=54 мм с толщиной стенки не менее 3 мм.
- 6.14.** Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20мм толщиной 4мм в количестве 4-х в одном поперечном сечении арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 3м.
- 6.15.** Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.

- 6.16.** Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.
- 7. Изготовление свай ЭРТ:**
- 7.1.** Технологическая последовательность изготовления свай включает следующие операции: - Формирование скважины требуемой глубины и диаметра бурением; - Заполнение скважины бетонной смесью. Установка в устье скважины трубы-кондуктора; - Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью; - Установка пространственных каркасов с одновременной их стыковкой между собой; - Уход за бетоном оголовка.
- 7.2.** При устройстве свай последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 2,5м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными сваями допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних.
- 7.3.** До начала работ по усилению фундаментов заказчик предоставляет производителю работ схему инженерных коммуникаций в зоне производства работ с указанием глубин, уклонов.
- 7.4.** При невозможности устройства буроинъекционных свай в отдельных местах из-за наличия инженерных коммуникаций допускается перенос или изменение шага свай **только по согласованию с автором проекта.**
- 7.5.** Последовательность изготовления свай указывается на схеме расположения свай. При невозможности исполнения схемы свай последовательность изготовления определяется подрядчиком по мере предоставления фронта работ заказчиком и согласовывается с представителем авторского надзора.
- 8. Формирование скважины бурением:**
- 8.1.** Формирование скважин выполнять вращательным (через тело фундамента) и шнековым бурением в соответствии с проектом производства работ.
- 8.2.** Буровые установки для производства работ по усилению фундаментов УБГ-ЛГ1 "Аллигатор", СБГ-ПМ2 "Стерх", СБГ-2.
- 8.3.** Бурение согласно схемы расположения свай выполняется с внутренней стороны здания с уровня 1-го этажа, по внешней стороне здания с отметки 0.000 или с уровня отмостки с корректировкой привязки от края стены по согласованию с автором проекта.
- 8.4.** В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте в основании сваи. При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества свай и т.д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора.
- 8.5.** Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта.

- 8.6. После извлечения бурового инструмента из скважины в ее устье установить трубу-кондуктор, место примыкания трубы с грунтом по периметру скважины уплотнить для исключения попадания в скважину вымытых из нее фрагментов грунта и шлама.
- 8.7. Бетонирование скважин должно производиться не позднее 8 часов после окончания бурения. При невозможности бетонирования в указанный срок бурение скважин начинать не следует, а уже начатых прекратить.
9. **Бетонирование свай ЭРТ:**
 - 9.1. Бетонирование производится через бетонолитную колонну диаметром не менее 40мм, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплытия частиц грунта.
 - 9.2. Приготовление мелкозернистого бетона производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи бетона применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300).
 - 9.3. Следует контролировать объем закачиваемой в скважину бетонной смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину бетонной смеси должен превышать объем выбуренного грунта.
 - 9.4. Перерывы в подаче отдельных порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией.
 - 9.5. Не допускается понижение уровня бетонной смеси в устье скважины ниже кромки трубы-кондуктора.
10. **Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью:**
 - 10.1. Мощность накапливаемой энергии не менее 40кДж.
 - 10.2. Обработка забоя: - электродная система устанавливается на забой скважины; - производится серия из 15 электровзрывов и до падения уровня бетонной смеси в скважине не менее 20см; - проверяется степень уплотнения разрушенного буровым инструментом грунта на "отскок", для чего электродная система устанавливается на грунт в забое скважины, после разряда определяется величина погружения ее в грунт. При погружении электродной системы в грунт основания за 3 электровзрыва менее 3 см - грунт принимается соответствующим требованию средней плотности. При осадке электродной системы более 3 см продолжить электроразрядную обработку скважины и через 10 разрядов повторить проверку "на отскок". После достижения осадки менее 3см, приступить к обработке ствола сваи. При снижении уровня бетонной смеси в устье скважины до нижней кромки трубы-кондуктора следует долить бетонную смесь до верхней кромки трубы-кондуктора. После окончания электроразрядной обработки забоя скважины следует замерить (просуммировать) общий уровень снижения бетона в устье скважины.
 - 10.3. Формирование тела сваи по длине ствола выполнять ярусами с шагом ярусов электроразрядной обработки 1,0м и количестве электровзрывов на каждом горизонте не менее 5. Верхняя часть ствола сваи на глубину 2,0м электроразрядной обработке не подвергается.
 - 10.4. В процессе формирования тела сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до верхней грани кондуктора. Долив смеси производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и

снижения уровня бетонной смеси до нижней кромки трубы-кондуктора.

10.5. По результатам контроля падения уровня бетонной смеси в опытной скважине или объема добавляемой бетонной смеси и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента, при необходимости, откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.

11. Монтаж пространственных каркасов:

11.1. Нижнюю секцию арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой.

11.2. Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане.

11.2.1. 11.3. При погружении арматурного каркаса в скважину допускается: - вращение каркаса вокруг продольной оси; - использование вибраторов, вибропогружателей общей мощностью до 5кВт; - поднятие на высоту до 4м и опускание каркаса: погружение "в расходку".

11.3. Если при погружении арматурного каркаса в скважину, встретится препятствие и каркас не будет погружаться, следует:

- арматурный каркас извлечь из скважины;
- установить заливочную колонну на зобой скважины;
- промыть скважину бетонной смесью, до выхода на поверхность комков разуплотненного грунта;
- убрать заливочную колонну;
- опустить арматурный каркас в скважину.

11.5. Секции каркасов перед установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.

12. Уход за бетоном:

12.1. В течение первых двух суток после изготовления свай следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор доливать бетонную смесь до проектной отметки.

12.2. При формировании оголовков свай каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя.

12.3. Сразу после окончания бетонирования, выступающие над поверхностью земли оголовки свай, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами. В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения.

12.4. В начальный период ухода свежеложенная бетонная смесь в оголовках свай должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом.

13. Производство бетонных работ при отрицательной температуре воздуха:

13.1. За три дня до производства бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0 °С, предусматривать в бетонные смеси противоморозные добавки.

13.2. Бетонная смесь с противоморозными добавками при укладке должна иметь температуру не ниже +10 °С.

- 13.3.** При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должно вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения бетоном необходимой прочности.
- 13.4.** Для снижения теплопотерь в процессе твердения бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена.
- 13.5.** Не допускается перегрев бетона свай (нагрев более 70 °С).
- 13.6.** В течение 4 часов после установки арматурного каркаса в скважину следует доливать бетонную смесь.
- 13.7.** После окончания работ и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи бетона промыть горячей водой, продуть сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой.
- 13.8.** Для исключения промораживания грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха.
- 13.9.** При температуре ниже -20 °С работы по изготовлению свай ЭРТ должны быть остановлены.
- 14. Производство бетонных работ при температуре +25 °С:**
- 14.1.** Температура бетонной смеси не должна превышать +35 °С.
- 14.2.** Доливка бетонной смеси после установки арматурного каркаса должна осуществляться через каждый час.
- 14.3.** После стабилизации усадки бетонной смеси оголовки свай должны быть покрыты влажным песком слоем 50мм, и периодически по мере высыхания поливаться водой.
- 14.4.** При температуре выше +35 °С работы по изготовлению свай ЭРТ должны быть остановлены.
- 15. Обеспечение качества изготовления свай ЭРТ:**
- 15.1.** Изготовление свай ЭРТ должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организована система обеспечения качества (ИСО 9001-2001), что должно быть подтверждено сертификатом соответствия.
- 15.2.** При изготовлении свай ЭРТ следует освидетельствовать:
- планово-высотную привязку свай;
 - диаметр и глубину скважин на соответствие проекту; - вид грунта в основании свай и его соответствие учтенному проектом (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании свай);
 - уплотнение грунта в основании свай, разрушенного буровым инструментом;
 - соответствие арматурного каркаса проекту (число секций, длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узел соединения секций) и глубину погружения каркаса в скважину;
 - качество приготавливаемой бетонной смеси (расход материалов, подвижность);
 - глубину погружения заливочной колонны в скважину и качество заполнения скважин бетоном;
 - затруднения при погружении арматурного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки - свидетельствует об

отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола сваи);

- погружение электродной системы;
- расход бетонной смеси, используемой при производстве свай ЭРТ: - при заполнении скважины;
- при промывке; - при обработке нижнего конца и на каждом горизонте; - суммарный расход бетона на скважину.

15.3. Контроль прочности бетона осуществлять по ГОСТ 18105-2015 «Бетоны. Правила контроля прочности» и ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» путем отбора проб бетонной смеси на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.2.3.2 ГОСТ 10180-2012.

15.4. Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНИП 12-01-2004 «Организация строительства», должны составляться на завершённый процесс (сваю), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены.

15.5. Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на завершённые технологические процессы по изготовлению свай ЭРТ не освидетельствованные техническим надзором заказчика.

15.6. Работы производить в соответствии со СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87», СНиП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03-85», СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство», ТР 50-180-06 «Проектирование и устройство свайных фундаментов, выполняемых по разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (свай-РИТ)», ППР (проекта производства работ).

15.7. Качество основных материалов определяется требованиями Градостроительного кодекса и Закона о техническом регулировании, что должно быть подтверждено сертификатами соответствия, государственным стандартом РФ. На расходные и вспомогательные материалы (вязальная проволока, долота, шнеки, пакля, электроды, катанка, монтажные детали, фиксаторы) сертификаты или паспорта качества не представляются.

16. Мероприятия по защите основания от сезонного промерзания грунта: Для минимизации ущерба от пучения предусмотрено утепление грунта. Этот вариант включает в себя укладку слоя теплоизоляционного материала. Сущность такого способа, предусматривающего защиту от пучения, состоит в том, что находящийся около здания грунт защищается утеплителем, чтобы предотвратить его промерзание. В итоге ликвидируется морозное пучение.

17. Мероприятия по обеспечению нормальной эксплуатации строящегося здания, функционирования окружающей среды и безопасности на период производства работ:

17.1. Работы должны производиться с выполнением требований техники безопасности при производстве работ, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

17.2. На период производства работ не должно быть доступа посторонних лиц к строительным машинам, механизмам, оборудованию и конструкциям.

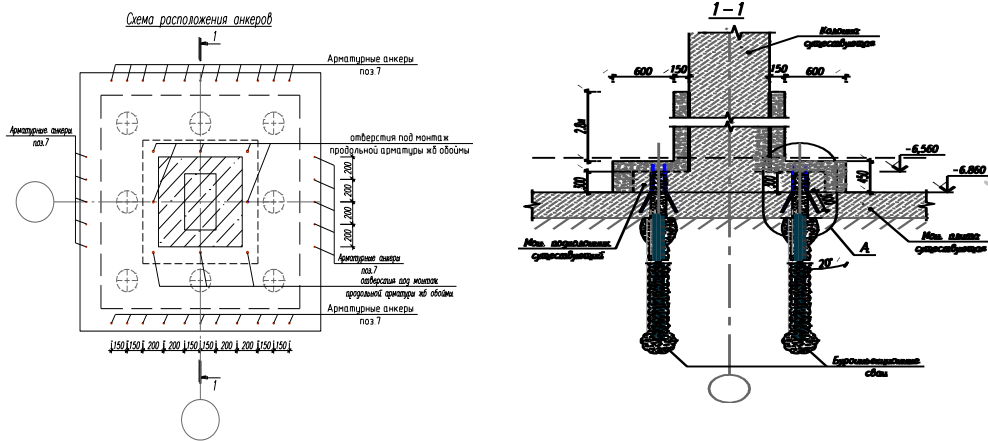
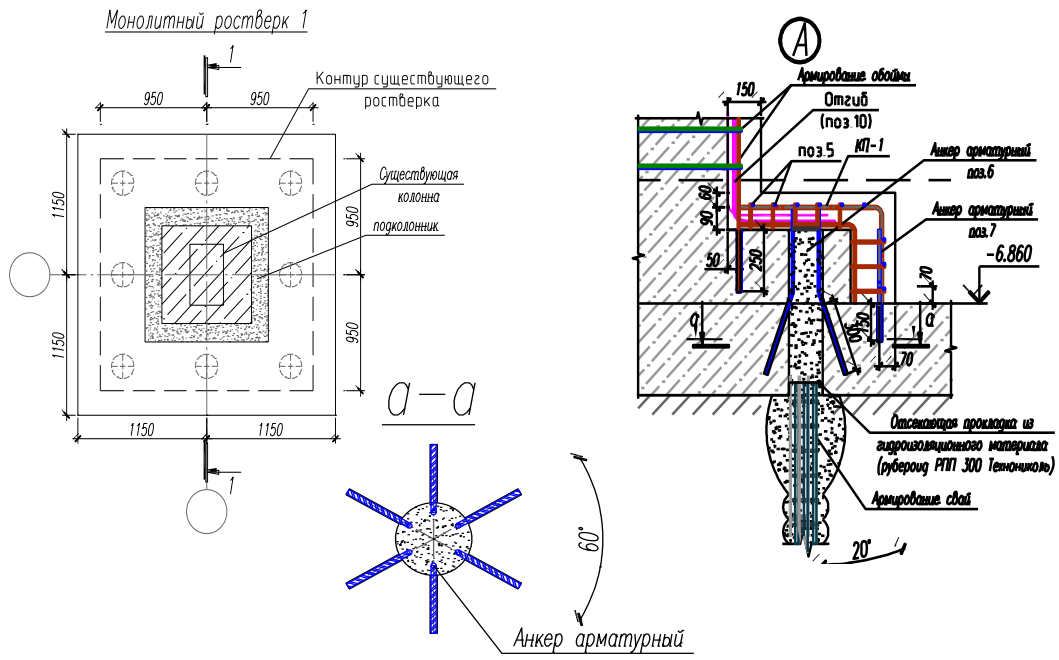


Рисунок 3. Схема усиления монолитного ростверка 1.

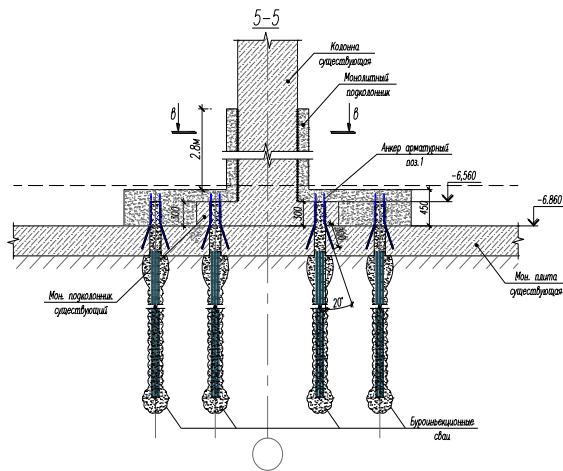


Рисунок 4. Схема усиления монолитного ростверка 4.

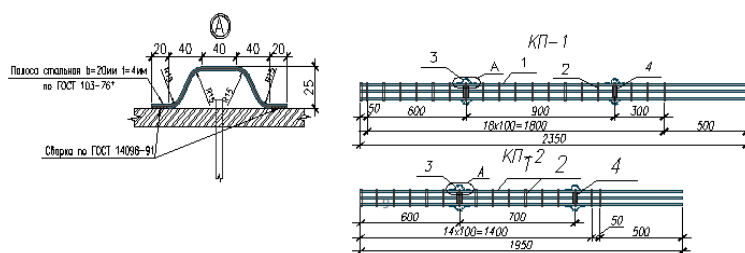


Рисунок 5. Армирование буроналивных свай: 1 – продольная арматура; 2 – поперечная арматура; 3 – фиксатор; 4 – элемент жесткости каркаса.

Выводы: Технология устройства буроналивных свай по электроразрядным технологиям является универсальной. Она широко используется как в новом строительстве, так и в капитальном ремонте, а также реконструкции объектов. Технологически все этапы производства свай ЭРТ достаточно серьезно разработаны. Весь комплекс работ объединен в единый технологический регламент, что позволяет на каждом цикле обеспечить высокое качество готовой сваи ЭРТ.

- Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
- Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М.: Недра, 1986. 301 с.
- Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
- Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
- Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундамента. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.
- Патент РФ на полезную модель № 161650. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 16.03.2015. Оpubл. 27.04.2016. Бюл. № 2.
- Патент РФ №2605213. Способ возведения набивной конструкции в грунте / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 01.07.2015. Оpubл. 20.12.2016. Бюл. № 35.
- Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроналивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). Чебоксары. 2014. С. 407–411.
- Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроналивных свай-ЭРТ // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 1. С. 10–13.
- Соколов Н.С., Никифорова Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Применение свай ЭРТ для ликвидации аварийной ситуации при строительстве фундамента // Геотехника. 2016. № 5. С. 54–60.
- Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 76-81.
- Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P.71-74.
- Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данныхScopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 57-69.
- Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. №5. Стр. 44-48.
- Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт использования буроналивных свай ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации общественного здания // Жилищное строительство. № 12. 2016. С. 31–36.
- Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроналивных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 54–57.

Соколов Н.С.

Технология усиления оснований

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

Аннотация

Проблема повышения несущей способности основания находится всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При существенных нагрузках, передаваемых на основание использование традиционных технологий не всегда оправданно. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Во многих случаях геотехническая ситуация усугубляется наличием в инженерно-геологических разрезах слабых подстилающих слоев с неустойчивыми физико-механическими характеристиками. При усилении таких оснований с помощью традиционных свай последние могут получить негативное трение, существенно уменьшающее их несущую способность по грунту, достигающие иногда до нулевых значений. Это может привести к дополнительным осадкам возводимого и возведенных в зоне геотехнического влияния объектов. Использование свай ЭРТ в большинстве случаев успешно решает многие сложные геотехнические проблемы.

Ключевые слова: геотехническое строительство, грунтобетонная свая, электроразрядная технология, буроинъекционная свая ЭРТ, промежуточные уширения (подпятники), «уходы».

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations is always relevant in the modern geotechnical construction. In case of low external loads transmitted to the foundations, conventional technologies are not always justified. It is frequently required to use off-standard methods to reinforce foundations. In many cases, the geotechnical situation is aggravated by weak subsoil having unstable physical and mechanical characteristics present in soil sections. When such foundations are reinforced using conventional piles, they may be subject to negative friction greatly reducing their load-bearing capacity of soil sometimes reaching zero levels. This may result in additional subsidence of buildings erected in the geotechnical affect zone. Using EDT piles can successfully address many complicated geotechnical problems.

Keywords: geotechnical construction, cement-bound pile, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, intermediate widenings (thrust plates), drifts.

Электроразрядная технология, обладая рядом технических и технологических преимуществ [1-12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29] широко используется в геотехнической практике устройства буроинъекционных свай ЭРТ в свайных полях, свай усиления оснований и фундаментов, закрепления оснований фундаментов, склонов, при устройстве нагелей и т.д. Технологическим преимуществом ее является взрывообразное преобразование электрической энергии в механическую. При этом плотность энергии электрогидравлического удара достигает до $150,0 \text{ Дж/м}^3$ в течение очень короткого времени (долей микросекунд). Электрогидравлический удар на грунт стенок скважины, заполненной мелкозернистым бетоном, соответствует статической нагрузке на него до $200,0 \text{ кПа}$. В результате воздействия таких высоких давлений и температур в грунте образуется полость за счет сил гравитации, которая заполняется мелкозернистым бетоном. Тем самым возникает уширение на конкретном участке по высоте сваи ЭРТ. Это уширение далее назовем "подпятником" [17-29]. Таким образом возникает дополнительная опора, статически работающая совместно со свай по нижней поверхности уширения и увеличивающая ее несущую способность по грунту. Геометрические параметры формы уширения в первом приближении можно принять за сферу. Параметры сферы такие, например, как диаметр d и ее высота h зависят от энергии электрогидравлического удара, пористости, влажности и вида обрабатываемого грунта. Диаметр уширения d возможно определить по величине максимального понижения уровня мелкозернистого бетона в скважине, как говорят геотехники по "уходам". Следует конечно отметить, что величины «уходов» во время электрогидравлической обработки (именно поэтому при устройстве свай

ЭРТ уровень мелкозернистого бетона всегда следует держать на отметке поверхности земли) и с течением времени существенно разнятся. "Уходы" во времени от начала бетонирования до начала твердения бетона могут составить от нескольких сантиметров до нескольких метров. Прежде всего такие большие понижения связаны со спецификой грунта как пористого материала. Эти вертикальные перемещения мелкозернистого бетона дополнительно увеличиваются за счет электроосмотического всасывания цементного молока в структуру грунта.

Следует сказать, что при максимальных объемах всасывания цементного молока в поры грунта, несущая способность свай ЭРТ повысилась бы многократно благодаря задействованию прочностных характеристик массива грунта, таких как удельное сцепление и угол внутреннего трения, в совместную работу со свайей. Но этому процессу препятствует то обстоятельство, что при замешивании мелкозернистого бетона и электро-гидравлической обработке происходит его намагничивание, что способствует образованию цементных коллоидов. В то же время их размеры многократно превосходят размеры пор грунта. К сожалению пока нет технологии, воспрепятствующей комкованию цементного молока. Это возможно только при размагничивании биполей воды в бетоне.

Необходимо обратить внимание еще на один аспект, связанный с возможным увеличением несущей способности оснований, усиленных буровыми сваями. В среде проектировщиков устоялась мнение том, что чем больше диаметр буровой сваи, тем больше ее несущая способность по грунту. Да это так. Но критерием оценки несущей способности F_d по грунту на наш взгляд должны служить не диаметр и длина сваи, а «удельная несущая способность по грунту», т.е. несущая способность одного кубического метра буровой сваи, а также "удельная расчетная нагрузка", т.е. расчетная нагрузка одного кубического метра буровой сваи. При таком подходе анализируя результаты расчетов несущей способности для свай ЭРТ и буронабивных свай разных диаметров можно сделать вывод о том, что с увеличением диаметра буровых свай удельная несущая способность снижается, приближаясь к некоторой асимптоте. В то же время наиболее оптимальным по удельным характеристикам являются «микросваи», т.е. сваи ЭРТ, изготавливаемые по электроразрядным технологиям.

Таблица 1

Геотехнические технологии на основе электроразрядной технологии ЭРТ.

№№ поз.	Геотехническая технология, основанная на электроразрядной технологии, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание технологии
1	2	3
1	Электроразрядная технология устройства буринъекционных свай ЭРТ в свайных полях.	Эта геотехническая технология наиболее эффективна для применения в стесненных условиях и под большие внешние нагрузки, а также как усиленное свайное основание высотных зданий и сооружений.
2	Электроразрядная технология устройства буринъекционных свай ЭРТ как шпунтовая стенка ограждений котлованов.	Эта геотехническая технология устройства буринъекционных свай ЭРТ как конструктив является консольной шпунтовой стенкой. Она в основном служит для обеспечения устойчивости стенок грунта неглубоких котлованов. В зависимости от количества рядов из свай ЭРТ стенка может обеспечить устойчивость стенок грунта котлованов разных глубин. Эту технологию как вариант можно использовать как упор массива грунта небольших оползневых и нагруженных склонов. Для обеспечения перераспределения сдви-гающих нагрузок обязательным конструктивным элементом служит монолитный железобетонный обвязочный пояс по верху свай.
	Ограждение склонов и бере-гов	

3	<i>водоемов и рек из комбинированной грунтобетонной сваи с использованием электроразрядной и GET технологий и монолитной железобетонной подпорной стены как заглубленная железобетонная конструкция.</i>	<i>Геотехническая технология из комбинированной грунтобетонной сваи с использованием электроразрядной и GET технологий и монолитной железобетонной подпорной стены как противифльтрационная завеса и упор массива грунта.</i>
4	<i>Устройство уроињекционных свай ЭРТ как грунтовые железобетонные нагеля укрепления оползневого склона.</i>	<i>Геотехническая технология служит для укрепления оползневого и нагруженного склона с помощью буроињекционных свай ЭРТ, закрепляющих поверхность призмы обрушения. Часто используется совместно с монолитной железобетонной подпорной стеной с усиленным сваями ЭРТ основанием.</i>
5	<i>Устройство буроињекционных свай ЭРТ как свайное основание под монолитной железобетонной подпорной стеной</i>	<i>Геотехническая технология наиболее оптимально востребована как упор массива грунта от оползневого и нагруженного склона. Эта конструкция работает как консольная железобетонная конструкция. Для ее оптимизации в конструктивную схему возможно включение грунтовых анкеров ЭРТ в один или несколько рядов.</i>

Продолжение таблицы 1

1	2	3
6	<i>Устройство грунтовых анкеров ЭРТ, устраиваемые по электро-разрядной технологии (анкера ЭРТ) как заглубленные железобетонные конструкции совместно со шпунтовой стенкой.</i>	<i>Геотехническая технология с использованием грунтовых анкеров ЭРТ в составе шпунтовой стенки наиболее экономична по сравнению с консольными (нераскрепленными) подпорными стенами. Она оптимально подходит для обеспечения устойчивости грунта стенок котлованов, а также оползневых и нагруженных склонов.</i>
7	<i>Комбинированные грунтовые анкера, устраиваемые по электроразрядной и GET технологиям как заглубленные железобетонные конструкции для обеспечения устойчивости стенок котлованов и оползневых склонов</i>	<i>Геотехническая технология с использованием грунтовых анкеров ЭРТ в составе шпунтовой стенки наиболее экономична по сравнению с консольными (нераскрепленными) подпорными стенами. Она оптимально подходит для обеспечения устойчивости грунта стенок котлованов, а также оползневых и нагруженных склонов.</i>

1. Cai, F., Ugal, K. 2000. Numerical analysis of the stability of a slope reinforced with piles. *Soils and Foundations* 40 (1): 73-84.
2. Hassiotis, S, Chamcau, J.L., Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 123 (4). 314-323.
3. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Determination of pile base resistance in sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125 (8). 673-683.
4. Mandolini, A., Russo, G., Veggiani, C. 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. *Ground Engineering* 38 (9): 34-38.
5. Ilchev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Opyt osvoeniya podzemnogo prostranstva rossijskih megapolisov [Experience Of Development Of Russian Megacities Underground Space]. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering]*, 2012, no. 2, pp. 17-20.
6. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov [Geotechnical Support of Urban Development]. St. Petersburg, Georeconstruction Publ., 2010. 551 p.
7. Ilchev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
8. Ilchev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // *Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»...* Volume 2. - P. 581-585.

9. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov //The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, 16-18 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
10. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation /N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. – P. 338-342.
11. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
12. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
13. Sokolov N.S. Ground Anchor Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
14. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
15. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.
16. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity // 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. База данных Web of Science.
17. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
18. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects large-sized foundations and increased loads on them // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.1-11.
19. Sokolov N.S., Sokolov A.N., Sokolov S.N., Glushkov V.E., Glushkov A.E. Raschyot buroinyekcyonnikh svai povyshennoy nesushey sposobnosti [Calculation of Increased Bearing Capacity Bored Piles]. Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction], 2017, no. 11, pp 20–26.
20. Sokolov N.S. Fundament povyshennoy nesushey sposobnosti s ispolzovaniyem buroinyekcionnikh svai ERT s mnogomestnymi ushireniyami [The Foundation of Increased Bearing Capacity Employing Bored Electric Discharge (ЭРТ) Piles with Multi-seat Broadening]. Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction], 2017, no. 09, pp 25–29.
21. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied
22. Sokolov N.S. Ground Anchor Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
23. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
24. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.
25. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity// 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. Database Web of Science.
26. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
27. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects large-sized foundations and increased loads on them // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.1-11.
28. Nikolay Sokolov. Electroimpulse Device for Manufacture of Continuous Flight Augering Piles //Current Trends in Civil and Structural Engineering. August 2020.
29. Nikolay Sokolov. Approach to Increasing the Carrying Capacity of the Pile Base //Current Trends in Civil and Structural Engineering. August 2020.

Соколов Н.С.

Фундаменты с высокими давлениями на основания

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-648

Аннотация

Актуальными являются вопросы фундирования сооружений с высокими значениями средних давлений $P_{(□□ \text{ мт})}$ под подошвой фундамента. При $P_{(□□ \text{ мт})}$, достигающих 680 кПа, средняя осадка сооружений достигает $S = 200 \div 580$ мм. При этом резко возрастают вертикальные перемещения после преодоления средних давлений, составляющих $P_{(□□ \text{ мт})} = 250 \div 300$ кПа. При этом от 60% до 70% деформаций оснований происходит за время строительства, а остальные 30%÷40% - после окончания монтажа сооружений. При таких высоких значениях средних давлений и осадок немаловажное значение имеют прогнозируемые значения вертикальных перемещений этих сооружений за последующие периоды их эксплуатации. Для этого логарифмическая функция $S_t = S_0 + A \ln \left[\frac{t}{t_0} \right] \left[\frac{1}{(1+Bt)} \right]$ является удачной математической зависимостью для прогноза осадок фундаментов в любой последующий промежуток времени.

Ключевые слова: среднее давление $P_{(□□ \text{ мт})}$, абсолютная осадка фундамента, инженерно-геологические элементы, высокоточное геометрическое нивелирование, прогноз деформации оснований.

Abstract

Funding buildings and structures having high average pressures $P_{(□□ \text{ мт})}$ under the foundation bottom remains relevant. For $P_{(□□ \text{ мт})}$ of 680 kPa, the average settlement of structures reaches $S = 200 \div 580$ mm. Vertical displacements after exceeding average pressures of $P_{(□□ \text{ мт})} = 250 \div 300$ kPa are greatly increased. From 60% to 70%, foundation strains take place during construction, while other 30%÷40% occur after the structures are completed. For such high average pressures and settlements, predicted vertical displacements of these structure during further operation seem to be important. To this end, the logarithmic function $S_t = S_0 + A \ln \left[\frac{t}{t_0} \right] \left[\frac{1}{(1+Bt)} \right]$ is a successful mathematical dependency to predict foundation settlements during any further period.

Keywords: average pressure $P_{(□□ \text{ мт})}$, absolute foundation settlement, engineering geological elements, high-precisions geometric leveling, prediction of foundation strains.

Здания и сооружения, с повышенными на их основания нагрузками, относят к объектам первого типа по ответственности согласно классификации ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения». При возведении этих объектов обязательным является проведение геотехнического мониторинга с использованием высокоточного геометрического нивелирования с помощью нивелиров 1 и 2 классов точности и инварных реек. В настоящей статье приводятся результаты геотехнического мониторинга осадок фундаментов пяти промышленных объектов (объекты №№1 ÷ 5) в течение длительного времени с 1977 г. по настоящее время.

Инженерно-геологические условия строительных площадок строительства объектов №№ 1,2, 3, 4, 5 приведены ниже в табл. 1.

Объекты №№ 1, 2. С поверхности, абсолютная отметка 161,0 м, до глубины 20 м залегают моренные отложения Валдайского и Московского оледенений, представленные суглинками (слои №№ 3,7) и глинами (слои №№ 1,4,6), с отдельными линзами супесей (слой №4) Инженерно-геологические разрезы имеются на рис. 1а и 1б.

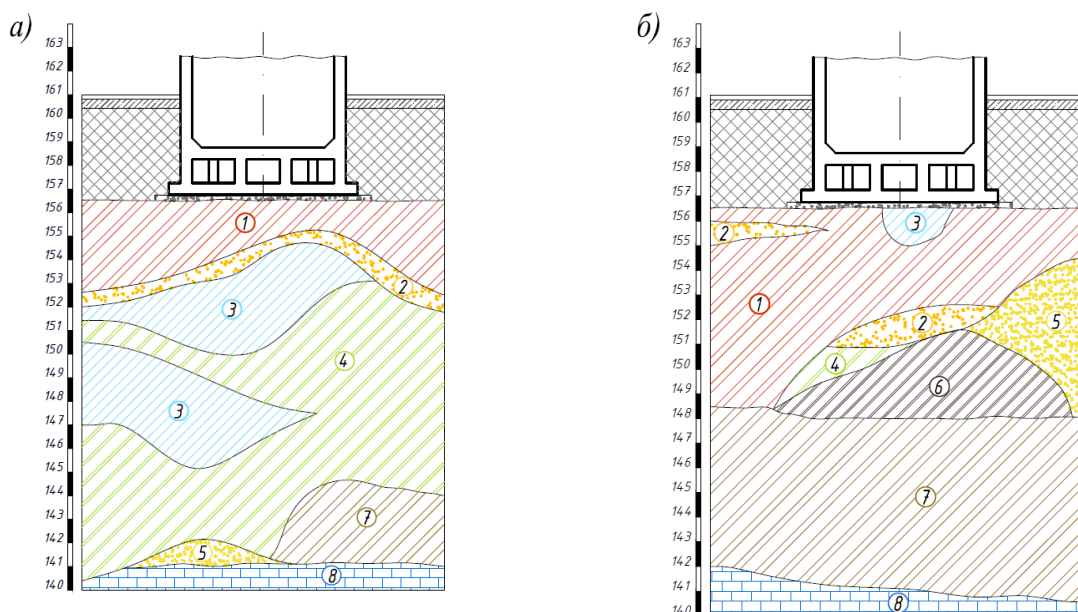


Рисунок 1 Инженерно-геологические разрезы основания объектов №№1,2;
а - объект №1; б - объект №2.

Во всей толще морен, кроме включений обломочного материала, имеются линзы и отдельные прослои песков различного гранулометрического состава. Верхняя (Валдайская) морена (слой №1) отделяется от нижележащей Московской морены (слои №№ 3,4,6,7) с небольшим прослоем, толщиной 0,3-1,1 м межморенных флювиогляциальных песков разного состава (от пылеватых до гравелистых). Песчаный прослой имеет неровный характер (абсолютная отметка его колеблется в пределах 153,0-155,8 м). Ниже моренных отложений отдельными скважинами вскрыт прослой флювиогляциальных песков, толщиной от 0,7-1,1 м. Ледниковые отложения подстилаются известняками подольского горизонта, толщиной более 60 м. Известняки верхней части до глубины 4-6 м сильно разрушены и выветрены до состояния крупнообломочного дресвощебеночного грунта. Ниже залегают трещиноватые, преимущественно крепкие известняки с отдельными прослоями разрушений.

В гидрогеологическом отношении, площадки строительства объектов характеризуются наличием трех основных водоносных горизонтов. Первый от поверхности - надвалдайский безнапорный горизонт относится к подморенным лескам, супесям и насыпному слою. Глубина залегания колеблется в пределах в пределах 0,5-1,5 м от дневной поверхности. Второй напорный Валдайско-Московский горизонт приурочен к прослоям межморенных песков. До начала строительства при естественном режиме подземных вод пьезометрический уровень располагается на абсолютных отметках 157,5-159,5 м, при этом высота напора составляла 4,5-5,5 м. Третий напорный водоносный горизонт находится в толще известняков, включая выветрелую зону. Пьезометрический уровень при естественном режиме располагается на отметках 156,5-157,0 м, а высота напора под кровлей пласта составила 14,5-16,0 м.

Нормативные физико-механические характеристики грунтов, оснований и фундаментов объектов №№1,2 приводятся в табл.1.

Объекты №№ 3,4,5. С поверхности, абсолютная отметка которой 31,0 м, до глубины 10 м, залегают слабые суглинки, представленные озерно-лиманными хвалынскими отложениями. Фундаменты объектов сооружены на искусственном основании из доломитизированного щебня, толщиной 4 м, с замещением слоя этих слабых грунтов.

Инженерно-геологические разрезы оснований приведены на рис. 2а, 2б, 2в.

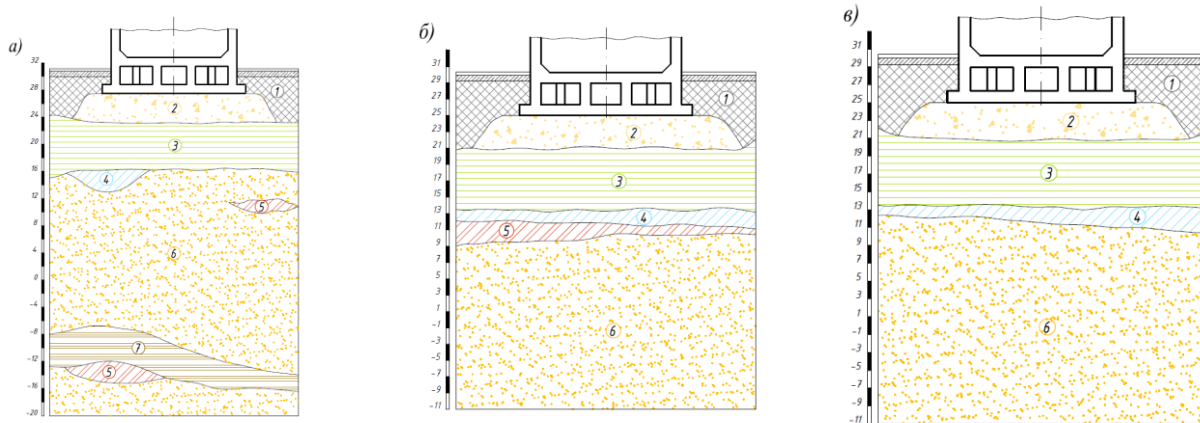


Рисунок 2. Инженерно-геологические разрезы объектов №№3,4,5;
а - объект №3; б - объект №4; в – объект №5.

Ниже щебеночной подушки (слой №2) залегают аллювиальные хвалынские глины (слой №3), толщиной 7-9 м. Аллювиальные хвалынские пески имеют толщину около 18 м и представлены в основном мелкозернистыми песками. Далее подстилаются аллювиальные пески среднего плейстоцена, вскрытая толщина которого составляет около 20 м. Разведанный уровень подземных вод находится на абсолютной отметке 28 м.

Нормативные физико-механические характеристики инженерно-геологических элементов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормативные физико-механические характеристики грунтов оснований фундаментов объектов.

№№ слоя	Наименование грунта основания	Модуль деформации, МПа	Удельный вес, кН/м ³	Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
Объект №1					
1	Глины валдайской корены тугопластичные и твердые	36	20,4	0,047	19
2	Водонасыщенные мелкие пески средней плотности	27	20,0	0,002	28
3	Суглинки московской морены тугопластичные и твердые	38	21,2	0,052	22
4	Глины московской морены тугопластичные и твердые	45	20,2	0,047	20
5	Пески	30	20,2	0,002	31
6	Известняки	70	20,1	7,000	32
Объект №2					
1	Глины валдайской корены тугопластичные, твердые	36	20,4	0,047	19
2	Водонасыщенные мелкие пески средней плотности	27	20,0	0,002	28
3	Пески крупнозернистые и гравелистые средней плотности и плотные	21	20,2	0,002	25
4	Супеси флювиогляциальные	30	21,0	0,021	22
5	Гравийные грунты флювиогляциальные	36	20,6	0,001	37
6	Глины московской морены от тугопластичной до полутвердой консистенции	45	20,3	0,058	18
7	Суглинки московской морены от мягкопластичной до полутвердой	38	21,2	0,044	23

	консистенции				
8	Известняки	70	20,1	7,000	32
Объекты №3, 4, 5					
3	Суглинки аллювиальные хвалынские	15	17,8	0,010	13
4	Подушка из доломитизированного известняка	-	-	-	-
5	Глина аллювиальная хвалынская	25	19,7	0,050	10
6	Суглинки аллювиальные	15	19,6	0,015	10
7	Пески разномерные	25	20,0	-	24

Ниже рассматриваются основные результаты натурных исследований осадок фундаментов объектов №№1,2,3,4,5 за период с 1977 по 1999 г. с прогнозом по настоящее время.

Объекты №№ 1,2 представляют собой круглые жесткие сооружения, высотой 70 м и диаметром 48,8 м [1, 2, 3, 4].

Фундаменты объектов заложены на глубину 4,2 м от уровня планировки, а среднее давление при этом составляет $P_{II\text{мт}}=680\text{кПа}$.

Высокоточные геодезические наблюдения за осадками ственных осадочных марок объекта №1, начаты в апреле 1977 г. после возведения нижней фундаментной плиты.

На основании результатов изменений осадок фундамента построены графики осадок с ростом среднего давления на основание (рис. 3,4).

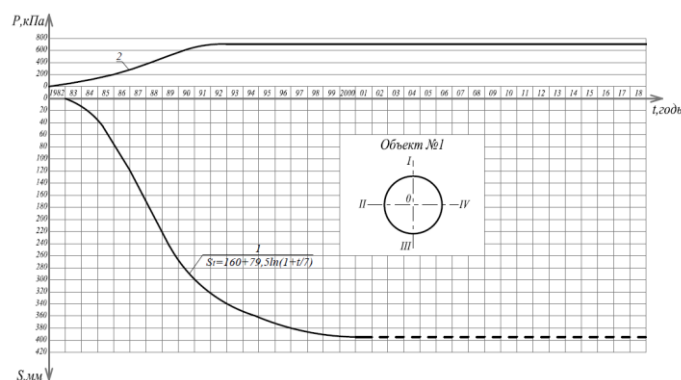


Рисунок 3. Объект №1: графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления $P_{II\text{мт}}$ на основание.

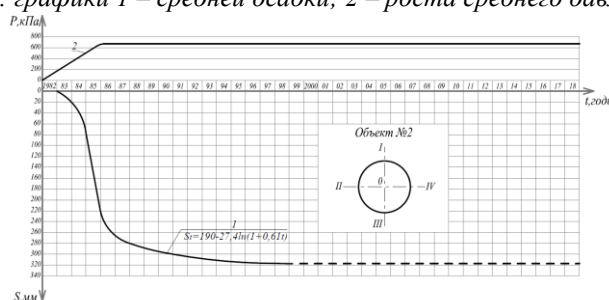


Рисунок 4. Объект №2: графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления $P_{II\text{мт}}$ на основание.

Средняя осадка фундамента объекта №1 за строительный период с апреля 1977 г. по июль 1984 г. составила 211,6 мм. С июня 1980 г. по май 1982 г. приращение осадки составило 58 мм, достигнув величины 111 мм. При этом вес сооружения составил 70% проектной нагрузки. Возведение объекта №1 завершено в июне 1983 г. Наиболее интенсивно протекала осадка фундамента за время с мая 1982 г. по июнь 1983 г. (конец строительства объекта №1). За этот период средняя осадка возросла на 99 мм. После окончания монтажа строительных конструкций и оборудования, резко уменьшились скорости осадок. Конечная стабилизированная осадка составила 390 мм. За строительный период произошло 75% средней конечной осадки.

Осадка фундамента объекта №2 протекала более интенсивно по сравнению с объектом №1. Средняя осадка за время строительства с февраля 1983 г. по ноябрь 1986 г. составили 400 мм, а в стабилизированном состоянии - 440 мм.

Объекты №№3,4,5 сооружены [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] на коробчатых фундаментах с размерами в плане 68,2x68,2 м. Основанием служит доломитизированный известняк толщиной 4 м. Подошва фундаментов заложена на глубину 6,7 м от уровня планировочной отметки. При этом среднее давление на основание составляет $P_{II\text{mt}} = 520$ кПа.

Высокоточное геодезическое наблюдение за осадками 15 стенных осадочных марок началось после бетонирования нижней монолитной плиты фундамента в начале 1981 г.

По результатам длительных высокоточных геодезических наблюдений за осадками фундаментов построены графики средней осадки с ростом среднего давления на основание, которые приведены на рис. 5,6,7.

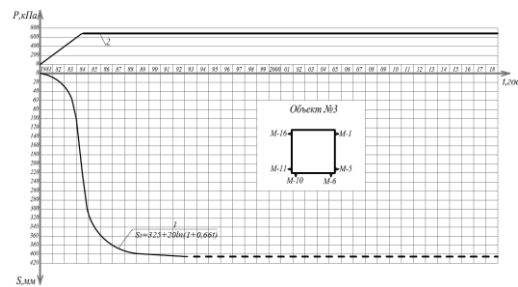


Рисунок 5. Объект №3: графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления $P_{II\text{mt}}$ на основание.

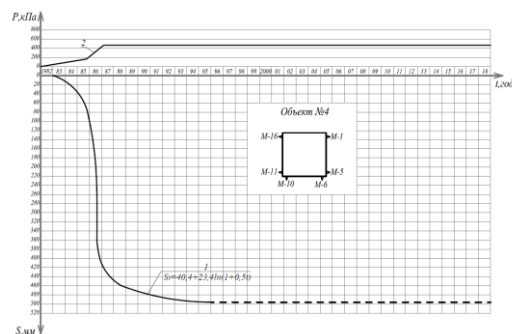


Рисунок 6. Объект №4: графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления $P_{II\text{mt}}$ на основание.

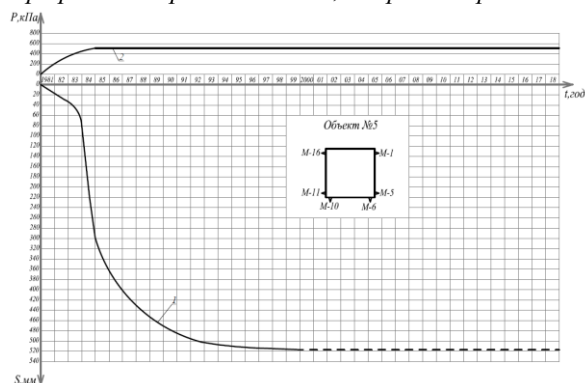


Рисунок 6. Объект №5: графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления $P_{II\text{mt}}$ на основание.

Средняя осадка фундамента объекта №3 за время строительства с марта 1981 г. по ноябрь 1985 г. составили 280 мм, конечная стабилизированная осадка - 390 мм. За строительный период произошло 75% средней конечной осадки.

Осадки фундамента объекта №5 протекали более интенсивно по сравнению с объектом №3. Средняя осадка за время строительства с февраля 1983 г. по ноябрь 1986 г. составила $S=400$ мм., а в стабилизированном состоянии $S=440$ мм.

Абсолютная осадка объекта №5 за время строительства (начало в 1985 г.) составила $S=410$ мм, а стабилизированная на конец 1994 г. - $S=520$ мм.

Анализ осадок фундаментов объектов №№1÷5 (см. рис. 3,4,5,6,7) показывает, что на графиках отчетливо выделяется два участка: линейный и нелинейный. Линейный переходит в нелинейный при среднем давлении на основание. $P_{II mt} = 250 \div 300$ кПа. На нелинейном участке происходит резкое увеличение приращение деформаций с постепенной стабилизацией их во времени.

Важным являются, определение величины осадок фундаментов во времени.

В этом отношении логарифмическая формула вида $S_t = S_0 + A \ln(1 + Bt)$ является удачной математической зависимостью для прогноза осадок о стабилизации деформации основания, где S_0 - осадка за строительный период; A и B определяются по кривым фактических осадок по двум точкам при $S_1 > S_0$. Для этого логарифмическое уравнение легко решается, если брать $S_2 = 2S_1$ с начала отсчета при $S > S_0$. В зависимости от времени наблюдений отсчет производится в годах или месяцах.

Пользуясь логарифмической формулой создается возможность прогнозировать осадки в ограниченном участке времени. При неограниченном увеличении времени значение логарифма стремится к бесконечности. По истечении 3-5 лет следует повторить наблюдения за осадками и откорректировать параметры A и B .

Таблица 2

Прогноз осадок фундаментов объектов №№ 1,2,3,4,5 по логарифмической зависимости
 $S_t = S_0 + A \ln(1 + Bt)$.

№ n/n	Прогнозируемая средняя осадка, S_t	
1	Объект №1	$160+79,4 \ln(1+t/7)$
2	Объект №2	$190+27,4 \ln(1+0.61t)$
3	Объект №3	$325+20 \ln(1+0.66t)$
4	Объект №4	$404+23,4 \ln(1+0.5t)$
5	Объект №5	$440+35,4 \ln(1+0.89t)$

Примечание. 1. Коэффициенты A и B определяются по фактическим кривым осадкам; 2. Время t – в месяцах.

Таким образом, приведенные на рисунках 3, 4, 5, 6, 7 прогнозируемые графики осадок фундаментов свидетельствуют о хорошей аппроксимации с помощью логарифмической формулы $S_t = S_0 + A \ln(1 + Bt)$. Об этом свидетельствуют контрольные измерения абсолютных отметок ственных осадочных марок.

Следует отметить на тот факт, что при принятии типа фундаментов с использованием свай ЭРТ осадки объектов были бы существенно ниже [9, 11, 12, 13].

- Егоров К.Е., Соколов И.С. Закономерности деформации основания фундаментов, имеющих большую площадь. - Сборник трудов Всесоюзного совещания по фундаментостроению "Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении". Стройиздат, М., 1987. 5 с.
- Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований фундаментов, имеющих большую площадь. // Сборник трудов IV Всесоюзного совещания по фундаментостроению. Т.2. Стройиздат, 1987. 4 с.
- Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований реакторных отделений АЭС. - Основания, фундаменты и механика грунтов, №4, 1985. С. 14-17. 4 с.
- Соколов Н.С, Ушков С.М. Особенности расчета осадок большеразмерных фундаментов при повышенном давлении на грунты. // Материалы научно-технической конференции "Геотехника Поволжья - IV". 4.2. "Основания и фундаменты". - Саратов, 1989. 3 с.
- Соколов Н.С. Деформация основания круглого фундамента на конечном сжимаемом слое. - Труды НИИОСП, вып. 86, 1987.
- Соколов Н.С. Совместная работа оснований и фундаментов РО АЭС. // Труды ВНИИОСП им. И.М. Герсеванова. 1988, № 87. 5 с.
- Соколов Н.С. Деформация основания круглого фундамента на конечном сжимаемом слое. - Труды НИИОСП, вып. 86, 1987. 6 с.

8. Соколов Н.С., Ушков С.М. Расчетное сопротивление грунтов в основании большеразмерных фундаментов при повышенном давлении. В сб.: Строительные конструкции. - Чебоксары, 1992. 3 с.
9. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
10. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
11. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. С.1-11.
12. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
13. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

Тимин В.С.

Аналитический обзор литературы по теме «Влияния уровня предварительного напряжения затяжек на эффективность шпренгельных систем»

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-649

Аннотация

Целью данного обзора является выяснение используемых принципов и методов в строительстве применения предварительного напряжения затяжек на конструкции и определение эффективности преднапряженных затяжек на шпренгельные системы.

Ключевые слова: предварительное напряжение, затяжка, эффективность системы, предварительно напряженная затяжка, шпренгельная система, обзор литературы, балка, ферма, стяжка, пролет, ригель, опора, мачта, устойчивость.

Abstract

The purpose of this review is to elucidate the principles and methods used in construction of applying prestressing tighteners to structures and to determine the effectiveness of prestressing tighteners on sprenkel systems.

Keywords: prestressing, tightening, system efficiency, prestressed tightening, sprenkel system, literature review, beam, truss, tie, span, transom, support, mast, stability.

Современное состояние методов проектирования шпренгельных систем с предварительно напряженными затяжками

В настоящее время в Российской Федерации и зарубежных странах накоплен достаточно большой опыт по применению и проектированию плоскостных и пространственных конструкций с использованием в них предварительно напряженных элементов. Преднапряжение строительных конструкций – это одно из быстроразвивающихся направлений технического прогресса, которое может обеспечить более высокий технический уровень строительных конструкций. Предварительно напряженные металлические конструкции – это такие конструкции, в которых при их изготовлении, монтаже или эксплуатации создаются, в наиболее напряженных сечениях, собственные напряжения, которые являются противоположными по знаку напряжениям от действующей нагрузки. [1] Предварительное напряжение конструкций осуществляется как полностью на заводе-изготовителе конструкций, так и частично на заводе и частично на строительной площадке, или полностью на монтажной площадке. Преднапрягать конструкцию возможно одно- или многоступенчато. Применяя однократное преднапряжение можно добиться повышения

несущей способности конструкции практически в 2 раза. Преднапрягая конструкцию многократно возможность увеличить несущую способность возрастает в 5-6 раз [1, 3].

Обзор предварительно напряженных стальных конструкций

Предварительное напряжение как идея повышения прочностных и жесткостных характеристик конструкций насчитывает достаточно большую историю. Созданная теория преднапряжения конструкций во многом предопределена работами академика А.В. Гадолина и металлурга Н.В. Калакуцкого, которые были опубликованы в конце XIX в. В них описывается возможное применение регулирования напряжений «для увеличения сопротивления выделяемых предметов». По мере того, как развивались конструктивные формы и технологии строительства, формировались и прогрессировали различные методы предварительного напряжения. [3] Основоположником применения преднапряжения в металлических конструкциях является профессор Г. Маньель (Бельгия, г. Гент). Он первым произвел тестирование опытных конструкций и использовал преднапряжение в реальном строительстве. Под его началом построены и испытаны преднапряженные затяжками двухпролетные фермы большого ангара (рисунок 1). [1]

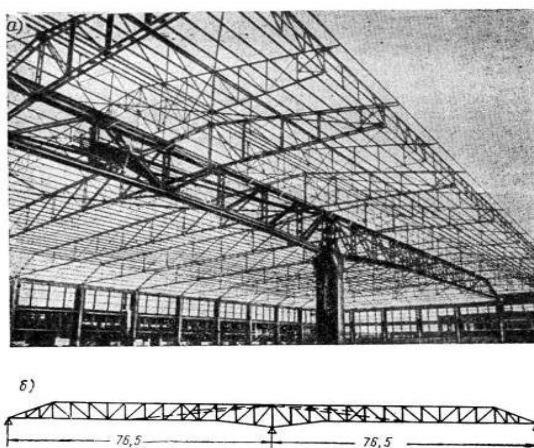


Рисунок 1. Двухпролетная ферма Г. Маньеля; а) общий вид; б) схема.

По проекту Маньеля ферма получила предварительное напряжение с помощью четырех наклонных затяжек, которые подтягивали узлы в пролетах к средней опоре. Каждая затяжка состоит из двух пучков высокопрочной проволоки диаметром 7 мм по 64 проволоки в пучке. С этого момента предварительное напряжение обширно применяют в металлических фермах, арках и балках, пространственных конструкциях, мачтах и башнях, мостах, покрытиях гражданских и производственных зданий и т.д. Дальнейшее исследование в области преднапряжения металлических конструкций шло и развивалось благодаря разработкам как Советских ученых, таким как Е. И. Беленя, В. В. Бирюлев, С. Н. Клепиков, В.М. Вахуркин, Ю. В. Гайдаров и др., так и зарубежных: П. Ференчик, М. Тохачек и др. [1, 3, 4]

Использование предварительно напряженных стержней над опорами позволяет уменьшить размер балки над опорами, которые испытывают наибольшие изгибающие моменты, что повышает общую эффективность системы. (Рисунок 2). Двухконсольная балка испытывает постоянную нагрузку. После установки конструкции предварительное напряжение создается путем натяжения колонных тросов, соединяющих консоли с нижними опорными стойками. Напряжение тросов создается путем их установки при временно загруженных консолях. После установки тросов система из балочной становится рамной, способной эффективно выдерживать временную нагрузку.

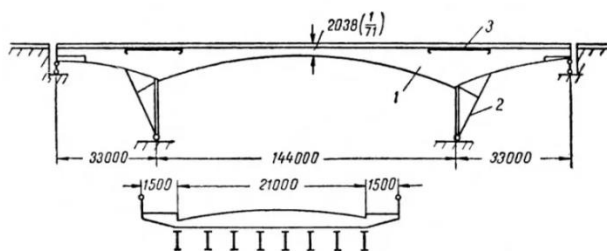


Рисунок 2. Балочная-рамная система моста.

На рисунке 3 показаны разные схемы рам, в которых предварительное напряжение создается использованием затяжек. При расположении затяжки на уровне шарниров (рисунок 3, а), разгружается ригель, но увеличиваются усилия в опорах и в стойке, что не может дать существенной экономии. Данная схема рациональна только при больших пролетах и небольших стойках. Если вертикальные затяжки прикрепляются к верху стоек (рисунок 3, б), эпюра моментов становится более благоприятной, что приводит к более экономному решению. Расположением затяжек на рисунках 3, в-д, можно получить одинаково благоприятные моменты для ригеля и опор, благодаря чему можно получить значительную экономию стали.

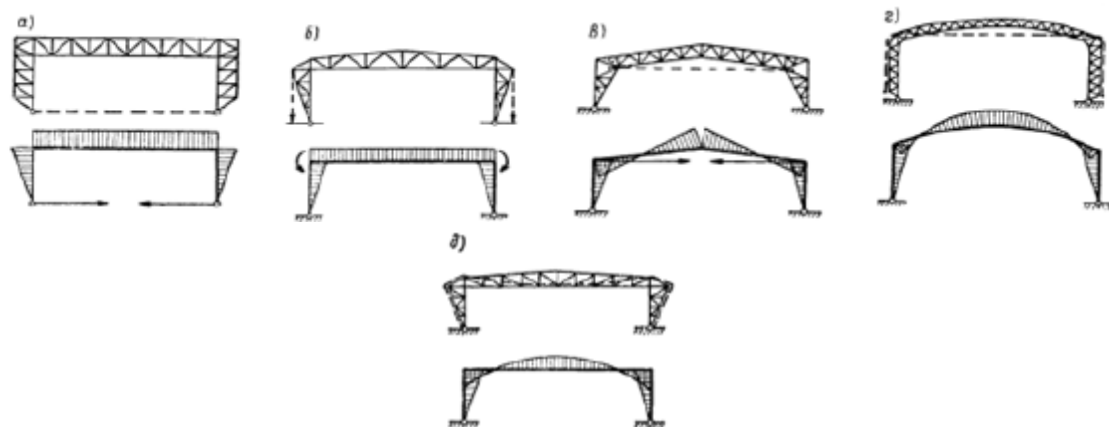


Рисунок 3.

Предварительное напряжение ферм, как и рам, осуществляется с помощью высокопрочных затяжек. Преднапряженные фермы, по характеру размещения затяжек и их влиянию на конструкцию, можно разделить на несколько основных типов: фермы, затяжки которых расположены в пределах определенных стержней и создают преднапряжения только в данных стержнях (рисунок 2а) ; фермы, у которых затяжки расположены по всему пролету фермы или в его части и создают преднапряжение во всех или нескольких стержнях фермы (рисунок 2 б-ж); фермы с выносными затяжками за пределы ее габаритов.

В фермах первого типа преднапряжение стержней дает экономию металла на 40-45% на каждый стержень, но на всю ферму экономия составляет 8-10%. Фермы такого типа целесообразны только при больших пролетах и нагрузках.

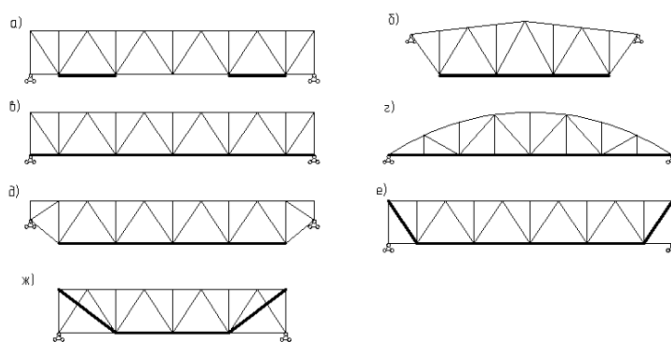


Рисунок 4. Схемы ферм, преднапряженных затяжками в пределах габаритов.

Намного большая экономия стали (25-30%) на всю ферму может быть достигнута путем вынесения затяжки за пределы фермы (рисунок 4).

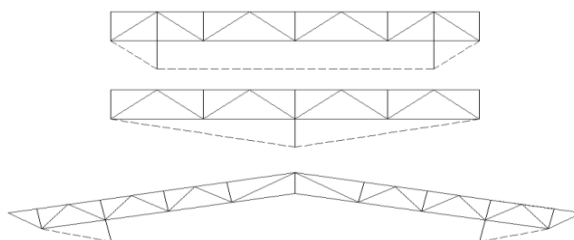


Рисунок 5. Ферма с вынесенными затяжками.

Иллюстрацией преднапряженной металлической конструкции также могут служить мачты на растянутых оттяжках (рисунок 5). Благодаря натяжению оттяжек повышается жесткость мачты, что приводит к снижению отклонения верха мачты. А. А. Воеводин предложил конструкцию мачт, имеющую шпренгельную конструкцию ствола (рисунок 6), которая в свою очередь преднапряжена [5]. Ствол состоит из трубы, укрепленной четырьмя шпренгелями из высокопрочной проволоки. Оттяжки предварительно напряжены, что помогает им воспринимать сжимающие усилия при изгибе ствола от действия ветра.

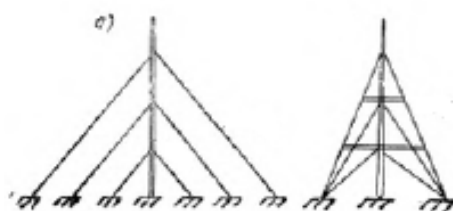


Рисунок 6. Мачты на растянутых, предварительно напряженных оттяжках.

В строительстве широко используются сложные системы, состоящие из твердых и гибких элементов. В этих системах преднапряжение дает значительный эффект, поскольку гибкие элементы позволяют избежать использования дополнительных усиливающих компонентов. Кроме того, меняя усилия в гибких компонентах, можно регулировать усилия во всей системе. Это снижает общий вес системы [1, 4, 5]. Примеры таких систем включают радиомачты с преднапряжением шпренгельными затяжками, преднапряженные вантовые фермы, преднапряженные стреловые краны и купола. Все эти системы используют предварительное напряжение. Доктор технических наук Егоров Владимир Викторович предложил ряд конструктивных решений для таких систем с предварительным напряжением. Одна из его разработок - это предварительно напряженная шпренгельная ферма, состоящая из распорки и основного шпренгеля (рисунок 8).

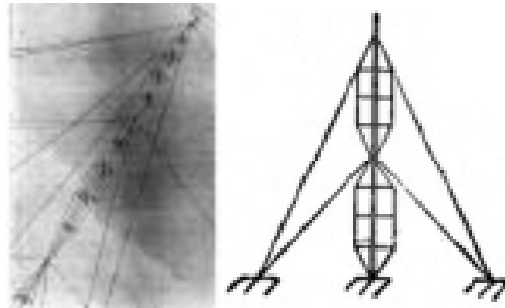


Рисунок 7. Мачты, со шпренгельной конструкцией ствола.

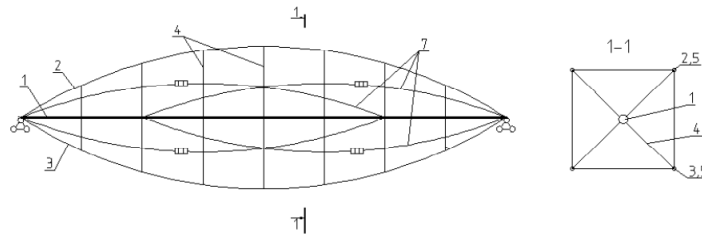


Рисунок 8. Преднапряженная шпренгельная ферма. 1 – балка-распорка; 2,3 – верхние и нижние затяжки основного шпренгеля; 4 – шпренгель; 5 – направляющие; 6 – связевые элементы; 7 – затяжки дополнительных шпренгелей.

Это решение позволяет повысить жесткость и устойчивость системы при условии загрузки части пролета. «На шпренгельной ферме, в пределах ее внешних габаритов, установлены дополнительные парные шпренгеля, включающие гибкие затяжки с натяжными устройствам. При изгибе шпренгельной системы затяжки шпренгелей препятствуют перемещениям системы». Перспективным направлением в развитие преднапряженных комбинированных конструкций является создание таких систем, в которых их нагружение позволяет затяжкам саморегулировать усилия натяжения. В. В. Егоровым предложена конструкция шпренгельной фермы с самонапрягающимися затяжками (рисунок 9) [11]

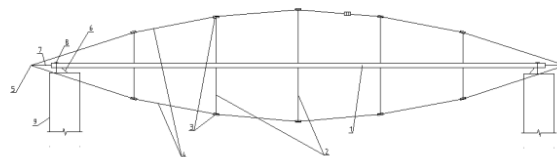


Рисунок 9. Шпренгельная преднапряженная ферма 1 – Балка жесткости; 2 – стойки шпренгеля; 3 – направляющие; 4 – затяжки; 5 – криволинейные направляющие; 6 – шарнирная система; 7 – торцевой вкладыш; 8 – хомут; 9 – опора; 10 – натяжное устройство.

«Шпренгельная ферма включает жесткую балку-распорку, стойки шпренгелей, при этом опорные части шпренгельной фермы выполнены в виде наклонных шарнирных систем, соединенными с телескопическими вкладышами, установленными в торцах балки-распорки с возможностью перемещения вдоль ее продольной оси. Начальное предварительное напряжение создается натяжными устройствами». Если к такой ферме приложить нагрузку, то конструкция будет «саморегулировать» внутренние усилия в элементах. Преимуществами данного решения можно назвать увеличение устойчивости и способность к саморегулированию в зависимости от величины приложенных нагрузок. Кандидатом технических наук, Алдушкиным Романом Владимировичем разработана новая вантово-стержневая система с преднапряженными элементами (рисунок 9). [10]

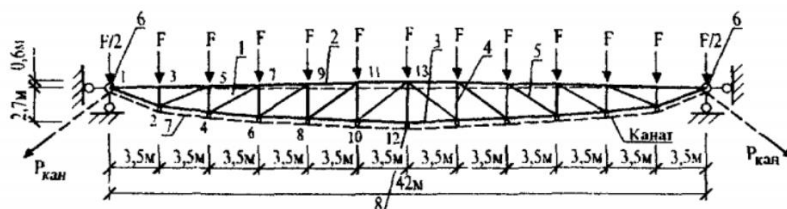


Рисунок 10. Преднапряженная вантово-стержневая система 1 – балка жесткости; 2,3 – пояса; 4 – стойки; 5 – раскосы; 6 – узлы крепления системы; 7 – несущий трос; 8 – пролетные узлы.

Система состоит из несущего троса и жесткой балки, включающей ферму со стойками на равных расстояниях, укрепленными раскосами. Высоты стоек соответствуют значениям ординат эпюры моментов для балки того же пролета, находящейся под воздействием равномерной нагрузки. Несущий трос проходит по нижней части фермы и соединяется со всеми ее узлами через шарнирно-подвижные связи. Если создать предварительное напряжение несущего троса до 100 кН, можно добиться снижения усилий в нижней части примерно на 17%. При этом усилия в раскосах становятся минимальными, а усилия в стойках остаются без изменений при любой степени предварительного напряжения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основе анализа шпренгельных систем, используемых в строительстве зданий и сооружений, выявлены пути их дальнейшего развития, включая: использование рациональных геометрических форм, передовых профилей, сочетание различных методов искусственного регулирования усилий и деформаций, применение специальных средств и методик, а также использование современных методов расчета.

1. Беленя, Е. И. Предварительно напряженные металлические несущие конструкции : монография / Е. И. Беленя. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 324 с.
2. Дрозд, Я. И. Предварительно напряженные железобетонные конструкции : учебное пособие для строит. спец. вузов / Я. И. Дрозд, Г. П. Пастушков. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Минск : Вышэйшая школа, 1984. – 207 с.
3. Трофимович, В. В. Проектирование предварительно напряженных вантовых систем : учебное пособие / В. В. Трофимович, В. А. Пермяков. – Киев : Будівельник, 1970. – 141 с.
4. Ференчик, П. Предварительно напряженные стальные конструкции : учебное пособие / П. Ференчик, М. Тохачек ; перевод с немецкого Е. Ш. Фельдмана. – Москва : Стройиздат, 1979. – 423 с.
5. Воеводин, А. А. Предварительно напряженные системы элементов конструкций : монография / А. А. Воеводин. – Москва : Стройиздат, 1963. – 324 с.
6. Михайлов, В. В. Предварительно напряженные железобетонные конструкции: (теория, расчет и подбор сечений) : монография / В. В. Михайлов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1978. – 383 с.
7. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс : учебник для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1991. – 767 с.
8. Рожков, А.Ф. Управляемые блок-секции с предварительно напряженными деревянными элементами : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01 / Рожков Александр Федорович. – Красноярск, 2006. – 191 с.
9. Дмитриев, П. А. Конструкции из дерева и пластмасс. Специальный курс. Автодорожные и пешеходные мосты / П. А. Дмитриев. – Оренбург, 2002 – С. 97–98. 114
10. Алдушкин, Р.В. Развитие и совершенствование рациональных методов усиления и регулирования усилий в металлических конструкциях балочного типа и фермах : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01 / Алдушкин Роман Владимирович. – Орел, 2008. – 20 с
11. Егоров, В. В. Развитие конструктивных форм и методов расчета комбинированных систем шпренгельного типа : дис. ... д-ра тех. наук : 05.23.01 / Егоров Владимир Викторович. – Санкт-Петербург, 2004. – 535 с.

Халиков Р.М., Насретдинов И.Н., Трухов А.В.

Рациональные подходы конструирования защитных покрытий композиционной обработкой поверхности строительных материалов

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Россия, Уфа)*

Аннотация

Для защиты от коррозионного разрушения легких бетонных, гипсовых, деревянных строительных материалов и конструкций рациональна обработка кремнийорганическими составами. Гидрофобизирующая защитная обработка поверхности кремнийорганическими макромолекулами увеличивает прочность на 25%, повышает морозостойкость на 50 циклов (более F300), поднимает водонепроницаемость на 3,5 раза (до W14 и выше).

Ключевые слова: коррозионное разрушение, защитное гидрофобное покрытие, кремнийорганическая макромолекула.

Abstract

To protect against corrosion damage of light concrete, gypsum, wooden building materials and structures, treatment with organosilicon compounds is rational. Hydrophobic protective surface treatment with organosilicon macromolecules increases strength by 25%, increases frost resistance by 50 cycles (more than F300), increases water resistance by 3.5 times (up to W14 and above).

Keywords: corrosion destruction, protective hydrophobic coating, organosilicon macromolecule.

Внешние поверхности строительных материалов: бетонных сооружений, деревянных конструкций в течение эксплуатации подвергаются разнообразным типам агрессивных воздействий, которые вызывают значительные коррозионные разрушения пористых поверхностей. Рациональным подходом защиты поверхности легких теплоизоляционных бетонных и деревянных конструкций от увлажнения водой является гидрофобная обработка композиционными полимерами. Разработка новых антикоррозионных защитных покрытий [1] с оптимальным комплексом характеристик, обладающих высоким сопротивлением агрессивным средам и обеспечивающих длительную надежную эксплуатацию теплоизоляционных стройматериалов в разнообразных климатических условиях, остается актуальной задачей.

Данная статья нацелена на рассмотрение эффективных тенденций усиления водоотталкивающих характеристик поверхности бетонных и деревянных строительных конструкций обработкой кремнийорганическими макромолекулярными составами.

Деревянные и легкие бетонные теплоизоляционные строительные материалы по своей природе имеют капиллярно-пористую микроструктуру, от которой во многом зависит устойчивость и эксплуатационная надежность зданий и сооружений. Для защиты от коррозионного разрушения легких бетонных, гипсовых, деревянных строительных конструкций эффективны нанесение композиционных составов, которые модифицированы адгезионными, гидрофобизирующими добавками, позволяющие уменьшить дефекты изолируемой поверхности (микропоры, трещины и т.п.). Эффективное решение проблемы повышения антикоррозионной стойкости защитных покрытий связано управлением качества усиления их трещиностойкости и водоотталкивающих характеристик [2].

Технологические достоинства антикоррозионных защитных покрытий пористых стройматериалов гидрофобизирующими добавками результативнее всего проявляются в строительных конструкциях, где важно сопротивление динамическим и знакопеременным физико-механическим деформациям, малая теплопроводность при одновременном воздействии нескольких разрушающих внешних факторов. Большую роль при использовании в стройиндустрии гидроизолирующих полимерных композиционных материалов играет возможность управлять их многообразными характеристиками подбором соответствующих компонентов и различных модифицирующих нанодобавок, в частности огнезащитных антипиренов, а также путем изменения микро- и макроструктуры связующей полимерной матрицы [3].

Кремнийорганические аминоорганосиланы $\text{Si}(\text{OH})_3\{\text{C}_3\text{H}_6\}\text{NH}_2$ используются в качестве промоторов адгезии полимерных защитных покрытий: за счет бифункциональной

амфилности органосиланы формируют нанослой толщиной 15-20 нм на поверхности легких бетонных и деревянных материалов и конструкций (рис. 1):

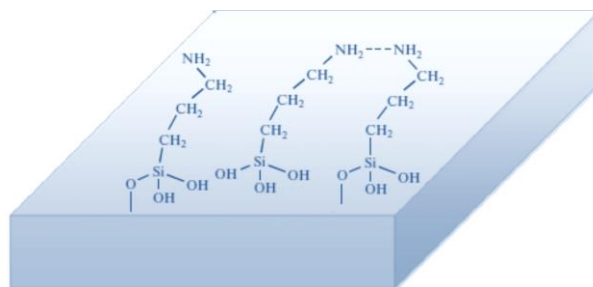


Рисунок 1. Схема формирования антикоррозионного кремнийорганического нанослоя на поверхности легкого бетонного строительного материала.

В качестве антикоррозионных покрытий несмачивания особое место среди занимают супергидрофобные макромолекулы, на которых капля воды скатывается (соскальзывает) с поверхности строительных конструкций. Такие гидрофобные макромолекулярные покрытия характеризуются рядом уникальных характеристик: водонепроницаемостью, устойчивостью биокоррозии, неорганическим и органическим загрязнением. В результате гидрофобизации поверхности легких бетонных и деревянных строительных конструкций образуется бесшовный композиционный полимерный трехмерный защитный слой толщиной 0,1 мкм-1 мкм. Для технологичного получения водоотталкивающих супергидрофобных [4] поверхностей теплоизоляционных строительных конструкций инновационной тенденцией является использование кремнийорганического сополимерного полидиметилсилоксана.

Водоотталкивающие кремнийорганические макромолекулы достаточно прочно связываются с поверхностями различных легких бетонных, деревянных конструкций, стекла, керамики и т.п. Высокая эксплуатационная устойчивость гидрофобных покрытий указывает на существования физико-химической адгезии между полиорганосилоксановой пленкой и гидрофильной поверхностью бетонных и деревянных строительных конструкций. Например, гидрофобизирующая кремнийорганическая обработка поверхности увеличивает прочность бетона на 25%, повышает морозостойкость бетонных конструкций нефтегазовых сооружений на 50 циклов (более F300), поднимает водонепроницаемость на 3,5 раза (до W14 и выше). Гидрофобные макромолекулы диффундируют в пористую микроструктуру строительных материалов и конструкций, в результате увеличиваются прочностные характеристики [5], морозостойкость, гидроизолирующая антикоррозионная и огнезащитная стойкость.

Супрамолекулярная полимеризация кремнийорганических олигомеров с образованием трехмерных гидрофобных пленок, которые обволакивают микропоры и микротрещины поверхностей считается перспективным в 3D аддитивных технологиях [6] и интерпретируется корректно мультифрактальным анализом [7]. Следует отметить также и другие практичные методы использования для защиты от коррозии поверхности легких бетонных и деревянных конструкций гидрофобное покрытие: в качестве гидроизолирующих составов были использованы полисульфиды [9].

В заключение можно сделать вывод, что защитные обработки кремнийорганическими макромолекулами поверхностного слоя строительных конструкций способствуют уменьшению водо-, газопроницаемости, увеличению коррозионной стойкости.

1. Лобанов, М.Л. Защитные покрытия / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россина и др. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 200 с. EDN ZVCABZ.
2. Иванова, О.В. Управление качеством нанесения защитных макромолекулярных покрытий на трубопроводном оборудовании нефтегазовой отрасли / О.В. Иванова, Л.Н. Короткова, Р.М. Халиков // Современные материалы, техника и технологии. 2019. № 3(24). С.43-46. EDN RDYDHI.

3. Михеев, С.П. Антикоррозионная защита полиорганосилоксановыми покрытиями / С.П. Михеев, С.И. Толстошеева // Лакокрасочные материалы и их применение. 2019. №1-2. С. 46-47. EDN MQVFDX.
4. Wu, X. When superhydrophobic coatings are icephobic: role of surface topology / X. Wu, Z. Chen, V.V. Silberschmidt et al. // Surface and Coatings Technology. 2019. V.358. P.207-214. EDN WZHSMD.
5. Халиков, Р.М. Модифицирующее усиление твердения прессованных строительных гипсовых нанокомпозигов / Р.М. Халиков, Е.А. Сеницина, Е.И. Силантьева и др. // Нанотехнологии в строительстве. 2019. Т.11, №5. С.549-560. EDN YEVKRW.
6. Иванова, О.В. Технологичное управление оборудованием для 3D-аддитивной печати строительных нанокомпозигов / О.В. Иванова, Р.М. Халиков, А.С. Салов и др. // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т.13, №2. С.117-123. EDN PDLKKY.
7. Халиков, Р.М. Мультифрактальная модель диффузии газов в полимерах / Р.М. Халиков, Г.В. Козлов // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2006. Т.48, №4. С.699-703. EDN НТСФХН.
8. Массалимов, И.А. Новые защитные покрытия на основе наночастиц серы, полученные из полисульфида калия / И.А. Массалимов, А.Е. Чуйкин, Б.И. Массалимов и др. // Нанотехнологии в строительстве. 2023. Т.15, №1. С. 27-36. EDN HDSIDW.

Шкотова О.В., Ким Е.Д.

Концепция благоустройства исторических кварталов

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-651

Аннотация

В статье рассматривается актуальность благоустройства исторических сооружений, представляющие собой ценные объекты наследия, содержащие культурное значение. Однако, в связи с развитием города и изменениями в обществе, эти кварталы могут переживать упадок и деградацию. Цель концепции заключается в сохранении и оживлении их уникального характера, а также в обеспечении комфортных условий для проживания и отдыха жителей и туристов.

Ключевые слова: сохранение, исторические кварталы, культурное наследие, архитектурное наследие, городская среда, историческая ценность, историческая застройка, благоустройство.

Abstract

The article considers the relevance of the improvement of historical buildings, which are valuable heritage sites containing cultural significance. However, due to the development of the city and changes in society, these neighborhoods may experience decline and degradation. The purpose of the concept is to preserve their unique character, as well as to provide comfortable living and recreation conditions for residents and tourists.

Keywords: preservation, historical quarters, cultural legacy, architectural heritage, urban environment, historical value, historical buildings, landscaping.

Волгоград - один из самых красивых и интересных городов России. Его архитектурное наследие отражает богатую историю и разнообразие культур, которые влияли на этот регион многие столетия.

Город был основан в 1589 году как крепость Саратовская. За свое долгое существование он пережил много перемен и стал свидетелем важных событий в истории России. Одним из самых значимых событий была Битва за Сталинград, которая привела к решающему перелому в ходе Второй мировой войны.

Архитектура Волгограда отражает эти исторические события и включает элементы различных стилей и эпох. В городе можно найти здания, построенные в стиле классицизма, конструктивизма, «сталинского ампира» и многих других архитектурных направлений.

С точки зрения архитектуры центр города и сейчас представляет собой почти нетронутый заповедник послевоенной архитектуры. «Сталинский ампир» — это стиль,

который был популярен в СССР в послевоенное время. Примерами могут служить: заводоуправление Волгоградского тракторного завода (рис. 1), планетарий (рис. 2) или железнодорожный вокзал города Волгоград 1 (рис. 3), есть и много жилых сооружений в этой стилистике на улице Мира.



Рисунок 1. Заводоуправление Волгоградского тракторного завода.

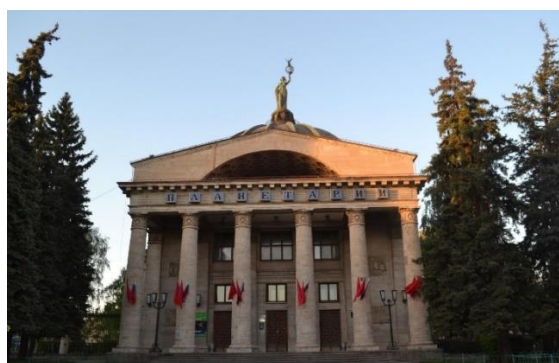


Рисунок 2. Планетарий.

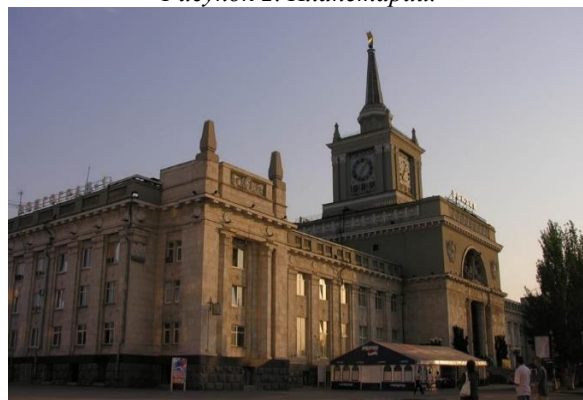


Рисунок 3. Железнодорожный вокзал города Волгоград.

Также в Волгограде достаточно много и классических сооружений, таких как здание городской думы (рис. 4), Центральный банк (рис. 5) или же Новый экспериментальный театр (рис. 6). Классицизм подвластен времени и прекрасно сочетает в себе пропорции, ритм и ордерность, в его основе лежат идеи античности. Главная его черта – обращение к формам античного зодчества как к эталону красоты и гармонии.

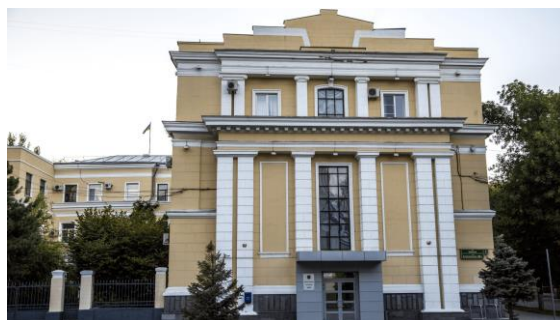


Рисунок 4. Здание Волгоградской городской думы.



Рисунок 5. Центральный банк России.



Рисунок 6. Новый экспериментальный театр.

Особое внимание хочется уделить белоснежным пропилеям с обеих сторон лестницы, как символ ворот, на Центральной набережной города (рис.7). В период Сталинградского сражения именно в этом месте располагалась основная переправа через Волгу.



Рисунок 7. Пропилеи на Центральной набережной.

Набережной было присвоено имя 62-ой армии, которая защищала северную часть города во время Сталинградской битвы. Набережная была отстроена в 1952 г. по проекту архитекторов Симбирцева, Фиалко и Макаренко в стиле советского классицизма.

Наряду с классицизмом, можно сказать и о конструктивизме, новом для 30-х годов стиле, который развивался в советской России. Он характеризуется прямоугольными формами и плоскостями. В городе можно увидеть примеры конструктивистской архитектуры в районе тракторного завода, к примеру здание на пр. Ленина, 215, которое относится к жилому фонду Волгоградской области (рис. 8).

Дом был построен в 1936 году в качестве заводской гостиницы. В начале Сталинградской битвы сюда въезжает штаб танковой бригады заводского ополчения. За период боёв здание пострадало, но было восстановлено почти в первоизданном виде. Сегодня здесь работает музыкальная школа.

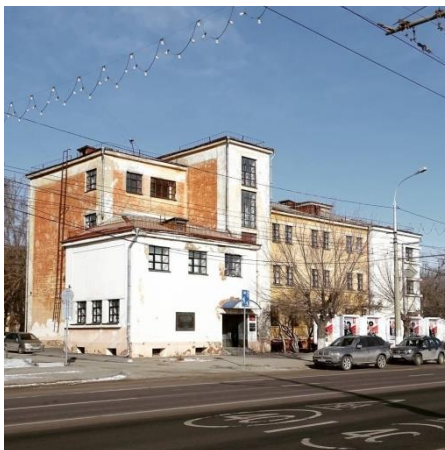


Рисунок 8. Здание на пр. Ленина, 215.

И вот мы плавно переходим к архитектурным истокам города Волгоград, Царицыну. Одним из интересных архитектурных сооружений того времени является Казанский кафедральный собор (рис. 9), который был построен в 1696 году в стиле русского барокко.

Сооружение является также и первой церковью во имя Казанской иконы Божией Матери, построенной внутри Царицынской крепости ещё в начале XVIII века. В начале 1950-х годов храм был распisan, а уже в 1954 году церковь была возведена в ранг собора. Он носит имя чудотворной Казанской иконы Божьей Матери.

Это пятиглавый каменный собор, с причудливо украшенными фасадами, имеет форму креста, он сооружался в так называемом псевдорусском стиле. Как отмечают искусствоведы, декор его элементов стилизован под древнерусские формы. В 1904 году к основному помещению церкви пристраивается трапезная с колокольней.

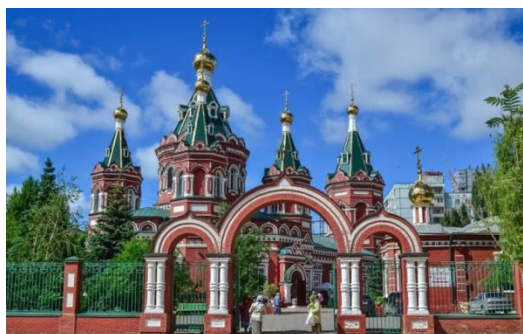


Рисунок 9. Казанский кафедральный собор.

Другое интересное и сохранившееся сооружение построено на средства купца Александра Шлыкова, очевидно, как доходный дом (рис. 10).

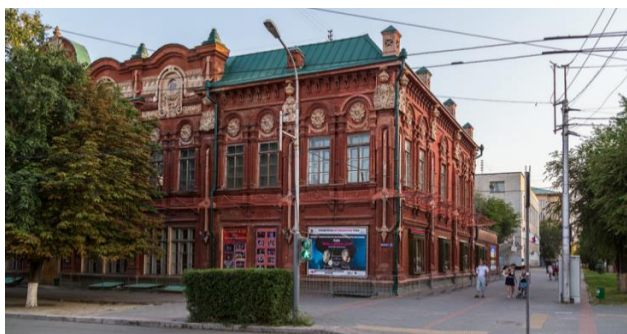


Рисунок 10. Волгоградский музыкально-драматический казачий театр (доходный дом).

Мы видим необычайно крупные для того времени окна-витрины первого этажа и вполне обычные на втором, вероятно, на первом этаже размещались торговые залы.

До Второй мировой войны в здании размещались различные образовательные учреждения, а после, не смотря на серьезные повреждения, восстановлено и отдано под кинотеатр «Гвардеец». Сейчас в одном из самых красивых царицынских зданий размещается Волгоградский музыкально-драматический казачий театр (рис. 10).

В городе до сих пор можно найти ряд небольших кирпичных особняков, построенных в конце XVIII века. Некоторые из них сохранили свое историческое оформление и используются как музеи или административные здания, другие же подлежат реставрации и не используются городом.

Исключением не стал и градостроительный комплекс на улице Пугачевской, собравший в себе сооружения разных архитектурных стилей, от классицизма до модерна. Объект включает в себя ряд исторических зданий, а также часть мощения, сохранивших свой первоначальный облик. Некоторые из зданий имеют статус объектов культурного наследия и защищены государством. Параллельно с улицей Пугачевской расположена улица Ким. Она также является исторической и представляет собой ценный объект градостроительства. Здесь можно увидеть многочисленные сооружения, отражающие различные периоды развития города. Место популярно для прогулок и экскурсий, здесь можно ознакомиться с историей города, насладиться красотой архитектуры и ощутить атмосферу прошлых времен.

Проблема благоустройства таких исторических кварталов может быть вызвана несколькими факторами.

Во-первых, отсутствие финансирования может быть препятствием для проведения масштабных работ по благоустройству. Муниципальные власти могут не иметь достаточных средств для реставрации и сохранения исторических кварталов.

Во-вторых, сложности в получении разрешений и ограничения в использовании исторических зданий могут затруднять их приспособление к современным стандартам комфорта и безопасности. Ограничения на изменение фасадов и внутреннего оформления могут ограничивать возможности улучшения и обновления внешнего вида и функциональности зданий.

Еще одной проблемой может быть отсутствие профессиональных и опытных специалистов, способных провести качественную реставрацию и реконструкцию исторических кварталов. Специалисты с опытом работы с исторической архитектурой могут быть дорогими и труднодоступными для небольшой территории.

Кроме того, негативное воздействие времени, атмосферных условий и неправильного использования исторических застроек также может быть фактором проблемы благоустройства. Разрушения, повреждения и объединение множества зданий в одно может привести к потере оригинальности и аутентичности исторического квартала.

К примеру, Королевский музей Онтарио в Торонто (рис. 11), который обрел известность лишь в 2007 г., когда к старому зданию было пристроено крыло, получившее название «Кристалл Ли Чин».



Рисунок 11. Королевского музея Онтарио в Торонто (Канада).

Вокруг этой пристройки до сих пор ведутся ожесточенные споры. Одни восхищаются ею как ярким образцом современной архитектуры, другие отчаянно ненавидят, считая безвкусной и нарушающей исторический облик города. Как бы там ни было, улица Блур Стрит, которую даже критики проекта находили однообразной и скучной, с появлением Кристалла Ли Чин преобразилась.

Да и сам музей, стремительно терявший популярность, в результате разразившихся дебатов стал едва ли не самой востребованной достопримечательностью Торонто.

Другой пример вписанного исторического объекта в городскую среду, знаменитый Лувр (рис. 12).



Рисунок 12. Стеклопирамида Лувра во дворе Наполеона.

Прототипом стеклянного сооружения стала пирамида Хеопса, при создании которой египтяне придерживались правила «золотого сечения».

Всего при строительстве было использовано 673 стеклянные пластины, 603 в форме ромба и 70 треугольных. Заблуждение относительно количества прозрачных элементов пирамиды возникло еще в восьмидесятых, когда было впервые озвучено число «666» - «число зверя». Для противников строительства пирамиды это было серьезным аргументом.

Сегодня, скорее всего, невозможно представить Лувр без стеклянной пирамиды, туристы со всего мира посещают его благодаря такому смелому архитектурному решению.

Волгоград также развивается и стремится к чему-то новому, включая и дизайн архитектурной среды. На просторах улицы Комсомольской располагается объект культурного наследия, а именно Дом братьев Серебряковых (рис. 13), которому не только вернули исторический облик, но и вписали в среду с помощью коммерческого здания.

На фоне черного стекла, акцентируется внимание на Царицынском, богато украшенном доме, при этом сам симбиоз выглядит гармонично и дополняет друг друга.



Рисунок 13. Дом братьев Серебряковых.

Интересным решением стал и «корпус Д» в Институте Архитектуры и Строительства Волгоградского Государственного Университета (рис. 14), который конечно же, не является и не пародирует Царицынскую архитектуру, а наоборот связывает стилистически разные архитектурные стили корпусов во дворе университета.



Рисунок 14. Корпус Д, Институте Архитектуры и Строительства.

Примеры решений показывают нам, как изменилась сама узнаваемость сооружения с внедрением в нее современной архитектуры. Насколько продуманно вписаны в городской ландшафт исторические здания.

Концепция благоустройства квартала с исторической застройкой является важным инструментом в сохранении и развитии культурного наследия, а также повышения качества жизни жителей. Ее реализация требует согласования различных сторон, включая жителей, муниципалитеты, архитекторов и инвесторов, но может принести значительные положительные изменения в существующие кварталы, а также некоторую известность.

1. Болдырева О.В. Проблема сохранения исторического центра города / Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета / ред. Капустин П.В., Барсуков Е.М. – Воронеж, 2015. С. 76 – 81.
2. Шумилкин А.С. Современный опыт сохранения исторической среды. Проект комфортной городской среды г. Слободского / Приволжский научный журнал вып. 3 / Нижний Новгород, 2020. С. 99-104
3. Романова Л. С. / Приспособление объектов культурного наследия под новую функцию: учеб. пособие / Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. - 99 с.
4. Олейников П.П. Царицын. Архитектура уездного города /Волгоград, 2023. С. 42-75

РАЗДЕЛ XXIII. АГРОНОМИЯ

Абдулмажидов Х.А.

Очистка мелиоративных каналов осушительной системы Полевой опытной станции

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева
(РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-652

Аннотация

Полевая опытная станция Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева обладает осушительной мелиоративной системой с довольно протяженными каналами. Как известно каждый год осушительные каналы необходимо чистить от появляющихся на дне и откосах наносов, заилений и растительности. В предыдущие годы для этой цели привлекались сторонние предприятия или работы проводились с применением своих общестроительных экскаваторов. В 2023 году очистка каналов производилась своими силами с использованием специализированной техники.

Ключевые слова: очистка каналов, состояние каналов, объемы наносов, каналоочиститель ОКН-0,5, зона осушения, травянистая и кустарниковая растительность в каналах.

Abstract

Field Experimental Station The Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy has a drainage reclamation system with fairly long canals. As you know, drainage canals must be cleaned every year from sediments, silts and vegetation appearing on the bottom and slopes. In previous years, third-party companies were involved for this purpose. In 2023, the canals were cleaned in-house using specialized equipment.

Keywords: canal cleaning, canal condition, sediment volumes, canal cleaner ОКН-0.5, drainage zone, herbaceous and shrubby vegetation in canals.

Открытая осушительная система Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева обладает довольно протяженными каналами для условий г. Москвы. Длина их составляет более 1,5 км. Мелиоративная система представлена осушителями и магистральным каналом. При соблюдении всех требований по уходу и техническому обслуживанию открытые каналы эффективно работают. К их недостаткам можно отнести то, что они занимают определенную часть от площади мелиорируемого сельскохозяйственного поля, а также сложности движения сельскохозяйственной техники, требующие строительства мостов и переездов. Впрочем, элементы закрытой осушительной сети, позволяющие решить проблему увеличения площади под посевы, также имеются на мелиоративной системе Полевой опытной станции.

В предыдущие годы проблема очистки каналов от наносов, заилений и растительности решалась привлечением сторонних организаций или своими силами с использованием имеющихся на Полевой опытной станции стандартных одноковшовых экскаваторов с рабочим оборудованием «обратная лопата». В том и другом случаях в основном использовались общестроительные экскаваторы поперечного копания. Такое решение допустимо при отсутствии специализированной техники, однако себестоимость выполнения таких работ общестроительными экскаваторами оставалась высокой по сравнению с высокоэффективными специализированными каналоочистителями, обладающими высокими технико-эксплуатационных и технико-экономическими показателями.

Выпуск отечественных специализированных каналоочистительных машин в настоящее время переживает определенный спад, связанный в целом с упадком мелиорации. Все же определенные марки каналоочистительных машин на заводах Российской Федерации и Республики Беларусь, выпускаются, одной из таких машин является ОКН-0,5 (очиститель каналов навесной на базе пневмоколесного трактора МТЗ-1221). Рабочее оборудование ОКН-0,5 и базовый трактор были приобретены для нужд Полевой опытной станции и для учебных целей кафедры мелиоративных и строительных машин в 2022 году. Сотрудниками кафедры рабочее оборудование было установлено на базовый трактор МТЗ-1221. Помимо стандартных элементов рабочего оборудования (стрела и рукоять) отличительной чертой специализированной каналоочистительной машины ОКН-0,5 от обычных общестроительных экскаваторов является наличие: уширенного мелиоративного ковша с сепарацией, боковой навески рабочего оборудования с механизмом поворота и опорного колеса для обеспечения устойчивости машины при разработке наносов. Работы по очистке каналов осушительной сети Полевой опытной станции проводились в период со 1 сентября по 2 ноября 2023 года. На рисунке 1 представлен каналоочиститель ОКН-0,5 в работе, базовый и модернизированный ковши, состояние канала до и после очистки.

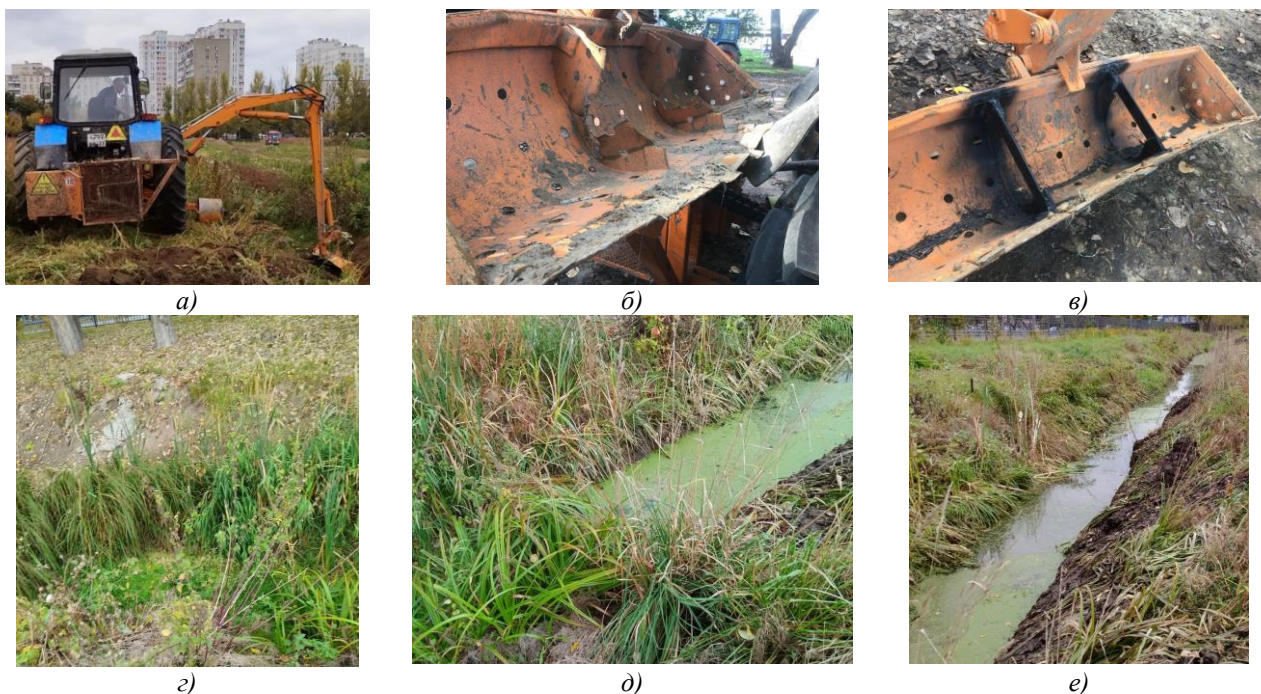


Рисунок 1. Очистка осушительного канала: а) каналоочиститель ОКН-0,5 в работе; б) базовый ковш с вышедшими из строя внутренними перегородками; в) усиленный ковш с ребрами увеличенной толщины; г) состояние канала до очистки; д) граница очищенного и неочищенного участков канала; е) участок очищенного канала.

Данный каналоочиститель имеет несколько видов сменного рабочего оборудования: уширенный ковш с сепарацией, фрезерный и дисковый каналоокашивающий рабочие органы. Наибольшее применение из них находит уширенный ковш. В этом случае машина работает позиционно, очищая при этом от наносов около 4-5 м канала.

В начальный испытательный период проведения работ выявили недостаточную прочность базового ковша, которая заключалась в разрушении внутренних перегородок. Это было связано с большим слоем наносов на дне канала. Затем было принято решение усилить конструкцию ковша сваркой дополнительных перегородок большей толщины. С модернизированным ковшом в указанный период было очищено от наносов, заилений и растительности 1285 м каналов. Объем разработанных наносов и растительности составило около 130 м³. Распределенные по берме наносы и грунты частично разравнивались бульдозерным оборудованием каналоочистителя.

Выводы.

1. По результатам полевых эксплуатационных и испытательных работ рекомендуется усилить конструкцию базового ковша.
2. Подтверждена эффективность и высокое качество работы каналоочистителя с модернизированным ковшом по удалению наносов, заилений и растительности из русла канала.
3. Использование каналоочистителя ОКН-0,5 при восстановлении каналов исключает использование для этих целей других видов общестроительных экскаваторов.
4. Работы по постоянному уходу за осушительными каналами увеличивает их срок службы до капитального ремонта.

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Штанько, А. С. Нормативное обеспечение процессов очистки мелиоративных каналов в земляном русле от наносов и сорной растительности / А. С. Штанько, А. Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных трудов. – 2012. – № 48. – С. 113-116.
6. Ушакова, А. Е. Анализ комплексных мероприятий технологии ремонта и очистки мелиоративных каналов / А. Е. Ушакова, В. В. Рыжков // Научные изыскания и поисковые исследования в условиях современных вызовов отечественного и мирового хозяйства, Самара, 30 ноября 2016 года. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Офорт", 2016. – С. 174-178.
7. Грищенко, В. В. Повышение экономической эффективности очистки мелиоративных каналов за счет изменения основных параметров режущего аппарата косилки / В. В. Грищенко // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 91-97. – DOI 10.17213/2075-2067-2020-4-91-97.

Димитриенко О.В.**Вредители посевов сои и меры борьбы с ними**

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-653

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные вредители соевых посевов, приводится их описание, вредоносность, а также признаки повреждений. Приводятся возможные меры борьбы – агротехнические, биологические и химические, а также мероприятия по предупреждению заражения. Актуальность тематики подтверждается высокой степенью зараженности посевов сои.

Ключевые слова: вредитель, вредоносность, меры борьбы, соя, развитие вредителя, ущерб посевов.

Abstract

This article discusses the main pests of soybean crops, provides their description, harmfulness, and signs of damage. Possible control measures are given - agrotechnical, biological and chemical, as

well as measures to prevent infection. The relevance of the topic is confirmed by the high degree of contamination of soybean crops.

Keywords: pest, harmfulness, control measures, soybean, pest development, crop damage.

Соя является отличным предшественником для различных сельскохозяйственных культур, таких как озимая пшеница, хлопчатник, кукуруза, овощные и другие. Ее выращивают в более чем 60 странах мира, и площади посевов постоянно увеличиваются. Бобовые растения незаменимы для организма человека, так как они богаты белками, жирами и углеводами. Именно поэтому важнейшая задача - сокращение численности вредителей и обеспечение сохранности урожая для удовлетворения потребностей населения в пищевых продуктах. По литературным данным, более половины посевов бобовых растений повреждаются вредителями, что существенно снижает урожайность. На сегодняшний день важно разработать перспективные методы борьбы с вредителями и насекомыми, которые причиняют вред посевам сои и уменьшают урожайность [4].

Среди основных вредителей посевов сои выделяют:

Хлопковая совка (*Helicoverpa armigera*) - опасного вредителя многих сельскохозяйственных культур. Этот многоядный вредитель ежегодно становится все более вредоносным и поражает широкий спектр культур [2].

Гусеницы полностью поедают листья, оставляя за собой большое количество крупных желтовато-коричневых экскрементов, которые позволяют легко определить места обитания вредителя. Они также прогрызают ходы или отверстия в стеблях и плодах. В случае последнего повреждения на плодах остаются отверстия, либо гусеница обгрызает их, затрагивая большие участки поверхности. Внутри плода гусеница может образовывать обширные полости, которые затем начинают гнить, представляя собой типичную мокрую гниль. С подобным развитием вредителя урожайность снижается на 75%.

Борьбу с гусеницами ведут, в основном, интегрированными методами, комбинируя сохранение полезных энтомофагов с использованием биологических препаратов и определенных пестицидов [3].

Среди агротехнических методов борьбы выделяются глубокая вспашка почвы, уничтожение сорной растительности и растительных остатков.

Использование биопрепаратов и выпуск паразитов, таких как *Trichogramma spp.* и *Habrobracon hebetor* Say, эффективны при применении биологических мероприятий.

Однако наиболее эффективным способом подавления развития вредителей является инсектицидная обработка полей.

Бобовая (акациевая) огневка (*Etiella zinckenella*) является одним из самых опасных вредителей гороха и сои в лесостепной и степной зонах Европейской части СНГ и на Дальнем Востоке. Наиболее вредоносна она для регионов Южной Украины, Северного Кавказа и Нижнего Поволжья [2].

Повреждение зерен - это основной вид вредительской активности бобовой огневки [1]. Гусеницы питаются внутри боба, грубо обгладывая семена. Первое поколение вредителей в основном повреждает плоды желтой акации, гороха, вика и чина, второе - белой акации, ранних и среднеспелых сортов сои, третье - поздних сортов сои и люпина. Повреждение плодов продолжается до фазы восковой спелости зерна.

В бобах, находящихся среди зерен, можно обнаружить экскременты, покрытые редкой паутиной. Сильнее всего пострадают посевы, расположенные неподалеку от защитных полос с белой акацией. Этот вредитель особенно опасен для сои, так как повреждает до 30-65% бобов. Поврежденные зерна теряют товарные качества и непригодны для посева.

Среди агротехнических способов борьбы с данным вредителем следует отметить глубокую вспашку после сбора урожая, раннюю посадку бобовых, своевременный сбор урожая и пространственную изоляцию зерновых бобовых культур от акациевых насаждений.

В борьбе с данным вредителем эффективными оказываются препараты системного и контактно-кишечного действия.

Обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae*) - полифаг, отмечен на более чем 40 видах растений.

Первый признак поражения - появление на растениях желтоватых и красноватых пятнышек. Личинки и взрослые особи прокалывают листья и высасывают сок, на листьях появляются мелкие белые точки, в основном с нижней стороны. О присутствии вредителя говорит наличие тонкой паутины, оплетающей растения или их части. В случаях сильного повреждения листья белеют. Растения полностью покрыты паутиной, на кончиках побегов и листьев скапливается шевелящаяся масса из тел вредителей.

Часть клеток растения разрушается, уменьшается площадь и интенсивность фотосинтеза, растение ослабевает и становится более восприимчивым к любым инфекциям. Кроме того, данный вредитель является переносчиком ряда инфекций. При высокой численности вредителей потери урожайности могут достигать 30-40%.

Для борьбы с паутинным клещом применяются агротехнические мероприятия, такие как борьба с сорной растительностью, отвальная обработка почвы, междурядная культивация и заделка растительных остатков [5].

Также используются биологические мероприятия, включающие применение хищного клеща - фитосейулюса.

Однако самым эффективным способом подавления развития вредителя является химическая обработка полей, включая применение специфических акарицидов, таких как фосфорорганические соединения и пиретроиды.

Что касается цикадки белой (*Metcalfa prunosa* Say), то это злостный вредитель, который не имеет особых привилегий к питанию и поэтому может встречаться на многих культурах.

Цикадка вредит как имаго, так и ее личинки, а также является переносчиком болезней растений. При наличии цикадки на листьях растений могут появляться мелкие белые или желтеющие пятна, растения ослабевают, их рост замедляется, а у травянистых растений падает тургор [2].

Самки цикадки откладывают до 90 яиц в коре деревьев, где они перезимовывают. Личинки (нимфы) вылупляются обычно в мае-июне и проходят 5 стадий развития. Имаго (взрослые особи) появляются в июле и остаются активными до октября. Развивается одна генерация цикадки в год. Имаго цикадки имеют длину тела до 12 мм, сизо-голубые крылья с рисунком, задние ноги в полтора раза длиннее остальных, красные глаза, и волоски на конце тела направлены назад.

Личинки и взрослые особи цикадки питаются, высасывая клеточный сок из листьев, что может привести к ослаблению растений и ухудшению их внешнего вида. Выделения цикадок загрязняют растения и могут способствовать развитию грибов, затрудняющих фотосинтез.

Для борьбы с цикадкой белой рекомендуется удаление поврежденных частей растений, уничтожение сорной растительности, а также проведение обрезки и удаление лишних побегов на деревьях и кустарниках [3].

Химические меры борьбы включают своевременное опрыскивание инсектицидами.

Таким образом, вредители могут нанести значительный ущерб посевам при недостаточном контроле и отсутствии мер по предупреждению их развития. Для того чтобы избежать потери урожая, необходим комплексный подход – применение инсектицидов, использование биопрепаратов и выпуск паразитов вредителей сои. Также важнейшей мерой являются агротехнические мероприятия, включающие своевременную и тщательную обработку почвы, учет схем и норм посадки, своевременное внесение удобрений и контроль развития вредителей.

1. Бровкина, Т. Я., Димитриенко, О. В., Колесниченко, Т. В. Фитосанитарный мониторинг поражений семян // Тенденции развития науки и образования. - 2023. - №94-б. - С. 126-128.
2. Девяткин А.М., Василенко А.И. Вредители и энтомофаги в посевах сои центральной зоны Краснодарского края // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Материалы VIII международной

- научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. ответственный редактор Замотайлов А.С. - 2017. - С. 126-128.
3. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Кочегура А.В., Дряхлов А.И., Бушнева Н.А. Болезни, вредители и сорняки на посевах сои в краснодарском крае и меры борьбы с ними // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. - 2007. - № 1 (136). - С. 66-75.
 4. Насиров Б., Иргашева Н. Рекомендации по основным вредителям сои и меры борьбы с ними // Universum: химия и биология. - 2022. - №6-1 (96). - С. 47-49.
 5. Черезов Р.Н., Устарханова Э.Г., Бушнев А.С. Влияние обработки почвы и способов посева на урожайность сои на черноземе обыкновенном западного предкавказья рн // Агронаука. - 2023. Т. 1. - №2. - С. 11-16.

Малышкин Д.С., Мозжерина У.Р.

Значение иностранного языка в сфере агрономии

*ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-654

Аннотация

В данной статье описываются значение иностранного языка в сфере сельского хозяйства. Говорится о его пользе, и необходимости его изучения в современном сельском хозяйстве, а так же приведены примеры взаимодействия английского языка и сферы агрономии.

Ключевые слова: иностранный язык, сельское хозяйство, гибрид, агроном, засухоустойчивые культуры.

Abstract

This article is about the importance of a foreign language in the field of agriculture. It talks about its benefits and the need to study it in modern agriculture, and also provides examples of interaction between the English language and the field of agronomy.

Keywords: foreign language, agriculture, hybrid, agronomist, drought-resistant crops.

Знание иностранных языков в современном мире необходимо не только политическим деятелям, но и работникам аграрной, строительной, нефтеперерабатывающей и других промышленности. Все активнее происходит процесс смешивания культур и языков в одну общую среду. Это будет гибрид мировых культур, что усилит связь между нациями и упростит сотрудничество между работниками смежных сфер. Одним из главных языков международного общения является английский язык. Поэтому важно подготавливать квалифицированные кадры с высоким уровнем владения языком. В будущем это даст возможность выходить на мировой рынок труда и полноценно реализовываться как узконаправленный специалист.

Сельское хозяйство — неотъемлемая часть мировой экономики. На долю работников данной сферы приходится самая большая ответственность. Их главная задача — обеспечить продовольствием все страны мира. Для этого необходимо постоянно проводить исследования для выявления новых возможностей, разработки новых и улучшения уже существующих технологий.

Множество важных научных трудов публикуется на английском языке. Имея необходимые знания, специалист может повысить свою квалификацию, что отразится на его ценности для работодателя, а следовательно, и на уровне оплаты труда.

В сфере сельского хозяйства проводят международные конференции. Ученые делятся результатами проведенных исследований, чтобы ускорить развитие технологий во всем мире. В сборнике поднимают такие популярные темы как экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве, использование побочных продуктов, очистка сточной воды от пестицидов и удобрений.

Одной из наиболее известных глобальных проблем человечества является нехватка продовольствия из-за непригодности большого количества почв для выращивания сельскохозяйственных культур. В одной из работ представлена информация о разработке растений, которые могут спасти многие регионы от голода. Компании в сфере биотехнологий проводят эксперименты по выведению засухоустойчивых и солеустойчивых культур. Не менее важно разработать растения, которые имеют меньшую зависимость от удобрений. Таким образом возможно открыть новые площади для агрономии. Засухоустойчивая кукуруза может стать доступной для фермеров в течение нескольких лет, обеспечивая стабильность урожайности в периоды небольшого количества осадков за счет смягчения последствий нехватки воды [1]. Знание иностранного языка в данном случае способствует распространению этого исследования на международных узкоспециализированных конференциях. Обсуждение острых вопросов с коллегами из других стран помогает увеличить финансирование стратегически важных проектов и ускорить их проведение.

Не стоит забывать и о вопросе засоления почв. Засоление почв происходит во многих регионах мира и признано глобальной проблемой человечества. Это процесс накопления в почве солей (хлоридов, сульфатов и карбоната натрия), что в последствии ускоряет опустынивание земель. Одной из главных причин засоления почв является нарушение режима орошения сельскохозяйственных земель. Данная проблема не раз освещалась на научных международных конференциях. В процессе работы были опубликованы положения по предупреждению засоления почв. В основном единственным средством опреснения почв любой степени засоления является их промывка. Промывка засоленных почв будет достаточно эффективной, если обеспечен отвод промывных вод за границы орошаемого массива [2]. После всех мероприятий рекомендуется соблюдать перерывы между внесением удобрений и регулярно следить за состоянием почв.

Метод предотвращения засоления и опустынивания почв может быть применен во всем мире благодаря специалистам с навыками международного общения. Любое деловое общение проходит быстрее и продуктивнее без переводчика. Общение между двумя специалистами или группой профессионалов с разных стран мира может идти без затруднений при введении в образовательную программу углубленного изучения английского языка в контексте специальности обучающегося. Для студентов агрономических направлений приоритетом следует считать изучение терминов сельского хозяйства, изучение основ делового общения на английском языке.

Востребованный специалист в наше время — это человек с высшим образованием в данной сфере, который свободно владеет иностранным языком. Только в таком случае на специалиста будет спрос, что обеспечит высокую заработную плату и хорошие условия труда.

Но изучение иностранных языков важно не только для успешной карьеры. Знания помогут чувствовать себя комфортно в любой стране мира, развиваться не только как специалист, но и как личность. В культуре других стран существует множество традиций и привычек, которые с первого взгляда могут показаться странными. Но спустя некоторое время пребывания в стране и общения с местными жителями мы понимаем, что смысл данного жеста или действия уходит далеко в историю.

Опираясь на вышеизложенное, можно сказать, что современному работнику сельскохозяйственного сектора необходимо знать английский язык на уровне свободного общения. Межнациональное общение и обмен опытом помогают увеличить эффективность работы в сфере сельского хозяйства. Главное, что только объединив усилия ученых всего мира человечество сможет бороться с глобальными мировыми проблемами, такими как засоление почв, нехватка продовольствия, ухудшение экологического состояния планеты.

1. Батурьян, М. А. Альтернативные методы решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве / М. А. Батурьян, Т. А. Нигматуллин // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : Сборник научных статей по итогам II международной научной

- конференции, Казань, 27–28 февраля 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2021. – С. 23-25.
2. Мелиорация засоленных почв в Краснодарском крае / В. А. Бабенко, Н. А. Чижевская, Т. А. Нигматуллин, М. А. Батурьян // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 20 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 14-17.
 3. Власенко В.П. Охрана почв : учеб.пособие / В. П. Власенко, О. А. Подколзин, А. В. Осипов. – Краснодар :КубГАУ, 2018. – 172 с
 4. Слюсарев В. Н. Мелиоративное почвоведение : учеб.пособие / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов. – Краснодар :КубГАУ, 2019. – 134 с.

Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Неяскин Н.Н.

Мобильная электроника как платформа для программного обеспечения сельхозпредприятий

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-655

Аннотация

В статье представлен анализ мобильных электронных устройств с точки зрения применения их как платформы для специализированного программного обеспечения. Произведена оценка возможных рисков, связанных с особенностью технического исполнения устройств при использовании их в растениеводческих предприятиях. И сделан вывод об возможной необходимости специализированных устройств, обладающих повышенной выносливостью к действию факторов внешней среды и подходящих для использования специализированных приложений.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, точное земледелие, специализированное приложение, интернет вещей, смартфон.

Abstract

The article presents an analysis of mobile electronic devices from the point of view of their application as a platform for specialized software. An assessment of the possible risks associated with the peculiarity of the technical design of the devices when using them in crop production enterprises has been carried out. And the conclusion is made about the possible need for specialized devices with increased resistance to environmental factors and suitable for the use of specialized applications.

Keywords: digitalization of agriculture, precision farming, specialized application, Internet of things, smartphone.

Мобильные устройства, компактные и многофункциональные, массово проникли практически во все сферы человеческой жизни. Они служат для передачи и обмена колоссального количества информации. Открытость системы, массовость и простота в использовании привлекают огромное количество компаний из разных отраслей на мобильные платформы. Это позволяет сделать оказание услуг в разы удобнее и доступнее [1].

Стали не редкостью и приложения сельскохозяйственного назначения, разработанные для смартфонов. С их помощью разработчики предоставляют возможность следить за работой техники в поле и контролировать её показатели. Осуществлять настройку зерноуборочной техники. Следить за давлением воздуха в шинах в режиме реального времени. Разработаны приложения-справочники для систематизации информации по пестицидам с постоянно обновляющейся информацией. Существуют приложения, систематизирующие информацию о посевных площадях и севооборотах хозяйства, с перечнем культур, технологических операций и прочей информацией по каждому полю. Приложения уже научились считать потребность в

средствах химизации. Существуют программы, позволяющие рассчитать экономический эффект от растениеводческого предприятия. Они контролируют данные о погоде. Помогают идентифицировать сорные растения. Управляют беспилотной техникой. Предоставляют картографическую информацию о посевных площадях хозяйств. Дают возможность агрономам и консультантам общаться и проводить конструктивные и информативные сеансы видеосвязи [2, 3].

Наличие данного программного обеспечения позволит превратить обычный смартфон бытового назначения в ценного помощника при производстве растениеводческой продукции.

Целью исследования является анализ специфики использования смартфонов в условиях растениеводческих предприятий.

Материалы исследования: интернет-источники, научные статьи по данной тематике. Использовались общенаучные методы исследования: анализ, синтез, дедукция, индукция, сравнительный анализ.

Смартфоны имеют ряд ограничений по условиям использования, так как даже дорогие модели, имеющие сертификаты защищённости, являются довольно хрупкими устройствами. В основном, к таким факторам большинство производителей относят температуру и влажность, в некоторых случаях добавляется воздействие прямых солнечных лучей, воздействие пыли. Указывают эти ограничения производители в руководствах по эксплуатации. Чаще рабочий диапазон температур составляет от 0 до +35 °С (40 °С). К тому же они серьёзно зависят от покрытия сети интернет.

Повышение температуры устройства может заметно сказаться на его работоспособности. По статистике среди основных причин отказов электроники 55 % занимает именно температура [4]. Работа в условиях повышенной температуры (55 °С) увеличивает скорость снижения заряда аккумуляторной батареи, при длительном воздействии она может вздуться или даже взорваться. Экраны, выполненные по технологии OLED (он же AMOLED), существенно сокращают срок службы под действием высоких температур, они снижают энергетическую эффективность, и у них изменяется цветовая температура [4].

В условиях использования смартфона под прямыми солнечными лучами, что для агронома является стандартной производственной ситуацией, смартфон же может легко нагреться до 50–55 °С. Источником высоких температур являются и некоторые элементы самого устройства. Использование специализированного программного обеспечения (ПО), которое может быть довольно ресурсоёмким, создаёт нагрузку на вычислительное устройство и может спровоцировать выделение тепла процессором и прочими элементами. Повышенная яркость экрана, из-за низкой читаемости дисплеев на солнце, активно работающий модуль связи и блок камер могут привести к перегреву устройства. Система охлаждения обычного смартфона практически всегда пассивная, в угоду компактности, она не имеет вентиляторов и радиаторов для экстремального отвода тепла и не рассчитана на работу под палящим солнцем. Смартфон при перегреве активирует защитный режим, снижая тактовые частоты процессора, отключает энергоёмкие модули (модуль связи) – всё это ведёт к нестабильной работе устройств и проблемам со стабильностью используемых специализированных приложений. Также повышенная температура корпуса устройства негативно сказывается на удобстве работы с ним, его буквально не комфортно держать в руках [4, 5].

Ни для кого не секрет, что поле является не самым чистым местом, к тому же во время работы в поле агрария могут застать осадки. Смартфон очень чувствителен к воздействию влаги и пыли, что добавляет забот при активном использовании на нём специализированного ПО сельскохозяйственного назначения. Сенсорный экран теряет отзывчивость при контакте с пылью или грязью.

Механические повреждения для хрупких электронных устройств достаточно часто могут оказаться фатальными. Простой смартфон, даже достаточно дорогих моделей, имеет конструкцию, не позволяющую выдерживать серьёзное механическое воздействие. Они в основном рассчитаны на падение с высоты человеческого роста и прочих бытовых воздействий. Данная особенность может привести к необходимости частой замены устройств, так как

специфика работы с техникой и на больших площадях может подразумевать риски серьёзных механических повреждений [6].

Прямые солнечные лучи, использование ресурсоёмкого ПО, активное задействование энергозатратных модулей устройства, большой объём работ, активный сценарий использования, перегрев и так далее – всё это негативно влияет на аккумуляторную батарею (АКБ) устройства. При частых циклах заряда-разряда батарея деградирует (быстрее, чем при использовании в быту), это снижает период службы устройства и в долгосрочной перспективе может вызвать серьёзные затраты на обеспечение смартфонами сотрудников и поддержку их девайсов в работоспособном состоянии. Растут затраты времени на подзарядку устройств [4, 7].

Ещё одним немаловажным фактором выступает требовательность специализированного ПО сельскохозяйственного назначения к производительности и вычислительной мощности устройств и графическое отображение интерфейса ПО. Устройства среднего ценового сегмента не всегда могут похвастаться высокой производительностью, что может вызывать проблемы у пользователей. Вследствие чего приложение не у всех в организации может стабильно работать, что вызовет дополнительные трудности.

Из помощника агронома девайс может превратиться в дополнительную обузу, требующую бережного отношения и создания условий для его работы, что теоретически может замедлить популяризацию и активность использования специализированного ПО сельскохозяйственного назначения.

Развитие данного направления может вызвать потребность в выносимых устройствах для эффективного использования этих программ в полевых условиях. Подобные устройства должны обладать устойчивостью к воздействиям температуры, солнечного света, пыли, влаги, механическим воздействиям, иметь отличную автономность, продуманную систему охлаждения, высококонтрастный дисплей, высокую ремонтпригодность. Обеспечивать защиту данных и собираться из отечественных компонентов.

Отличным примером является Р-ФОН – устройство, собирающееся компанией RUTEQ в Саранске и работающее на российской ОС «РОСА Мобайл». Опыт производства подобных устройств поможет выработать собственную инженерную школу в производстве мобильной электроники и при необходимости удовлетворить спрос в узкоспециализированных аппаратах.

1. Каримова, А. М. Мобильные телефоны в современном мире / А. М. Каримова, Н. Р. Валишина, А. Г. Шарафутдинов // Экономика и социум. – 2014. – № 2-2(11). – С. 438-440. – EDN TBHFVB.
2. Гольяпин, В. Я. Возможности приложений для мобильных устройств в сельском хозяйстве / В. Я. Гольяпин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию со дня образования РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства", Минск, 18–20 октября 2017 года. – Минск: Издательский дом "Беларуская навука", 2017. – С. 268-271. – EDN ZWCZCD.
3. Добровлянин, В. Д. Цифровизация сельского хозяйства: текущий уровень цифровизации в Российской Федерации и перспективы дальнейшего развития / В. Д. Добровлянин, Е. А. Антисескул // Цифровые модели и решения. – 2022. – Т. 1, № 2. – С. 5. – DOI 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5. – EDN ZNXFGS.
4. Пока горит смартфон... современные тенденции в охлаждении смартфонов / К. Делендик, О. Войтик, Н. Коляго, О. Пенязьков // Наука и инновации. – 2020. – № 4(206). – С. 58-67. – EDN XFGHSJ.
5. Эльдар Муртазин ЛЕТО, ЖАРА, ЭЛЕКТРОНИКА — КАК СПАСТИ ГАДЖЕТЫ ОТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР / Эльдар Муртазин [Электронный ресурс] // Mobile-Review.com : [сайт]. — URL: <https://mobile-review.com/all/articles/misc/letto-zhara-elektronika-kak-spasti-gadzhety-ot-vysokih-temperatur-2/> (дата обращения: 15.12.2023).
6. Егор Бочаров Ломай меня полностью: как защищён современный смартфон / Егор Бочаров [Электронный ресурс] // 4PDA : [сайт]. — URL: https://4pda.to/2023/09/15/418132/lomaj_menya_polnostyu_kak_zaschischyon_sovremennyj_smartfon/ (дата обращения: 20.12.2023).
7. Манап Т. К. Электронное устройство для повышения эффективной работы и увеличения сроков эксплуатации аккумуляторных батарей / Т. К. Манап ; науч. рук. А. Б. Жантлесова // Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 2. – [4 с.].

Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Неяскин Н.Н.
Развитие цифровых технологий в области растениеводства

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»
(Россия, Саранск)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-656

Аннотация

В статье приведён анализ современного уровня развития и внедрения цифровых технологий в области растениеводства. Определена необходимость обеспечения определённого уровня безопасности и отказоустойчивости цифровых сервисов сельскохозяйственного направления, исходя из важности возлагаемых на них задач и характера современных угроз, которым подвергаются аналогичные высокотехнологичные проекты. И сделан вывод об необходимости введения критериев качества безопасности и надёжности в области цифровых технологий сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, точное земледелие, продовольственная безопасность, цифровая безопасность, отказоустойчивость.

Abstract

The article provides an analysis of the current level of development and implementation of digital technologies in the field of crop production. The necessity of ensuring a certain level of security and fault tolerance of digital agricultural services is determined, based on the importance of the tasks assigned to them, and the nature of modern threats to which similar high-tech projects are exposed. And it is concluded that it is necessary to introduce criteria for the quality of safety and reliability in the field of digital technologies for agricultural purposes.

Keywords: digitalization of agriculture, precision agriculture, food security, digital security, fault tolerance.

Активное внедрение новых цифровых технологий в агропромышленный комплекс России является одним из главных направлений его развития сегодня. Учёные уже на протяжении многих лет связывают формирование целостных технологических сред сельскохозяйственного направления как возможность выйти на качественно новый уровень организации производства, повысить его эффективность, решить значительное количество насущных проблем данной отрасли [1].

Целью исследования является изучение особенностей развития цифровых продуктов в области растениеводства.

Материалами для исследований, в основном, послужили интернет-источники, научные статьи по данной тематике, доклады ведомств, специализирующихся на работе по цифровизации различных отраслей сельского хозяйства. Использовались общенаучные методы исследования: анализ, синтез, дедукция, индукция, сравнительный анализ.

На сегодняшний день существует довольно широкий спектр цифровых продуктов, нацеленных на помощь аграриям. Учитывая масштабы производства растениеводческой продукции, количество предприятий, долю занятости населения в данной отрасли и доходность растениеводческого направления, разработка цифровых систем, сопровождающих технологические операции в данной отрасли, является перспективным направлением. Предложения поступают как от крупных компаний, научно-исследовательских институтов, так и от мелких технологических стартапов. На рынке есть зарубежные и отечественные разработки. Со стороны государства прилагаются активные усилия по созданию плодотворной среды для реализации цифровых платформ и технологий [2, 3].

В научной литературе данное направление активно освещается на протяжении длительного периода, масса научных работ поднимает проблемы важности цифровизации сельского хозяйства и экономики в целом. Озвучиваются возможные перспективы внедрения цифровых технологий, позволяющих за счёт своей специфики вывести отрасль на качественно новый уровень, значительно упростить производство растениеводческой продукции. Использование систем управления агропредприятием, технологий точного земледелия, сервисы агрометеоданных, трекинг сельхозтехники, применение БПЛА, Big Data, чаще упоминается перспектива минимизации участия человека в производственных процессах и росте роли «умных» зондов и роботизированной техники (беспилотных комбайнов). И многие из этих проектов на сегодняшний день всё чаще воплощаются в реальность, пусть даже в немассовом экспериментальном виде. Широко разрабатывается специализированное программное обеспечение, предназначенное для анализа полученных данных. По результатам анализа полученной информации программы способны с высокой точностью определять сроки сева, периоды обработки, внесения удобрений, рассчитывая их дозировку, и давать прогнозы эффективности применения тех или иных приёмов [3, 4].

Однако согласно статистике инновационной активности, представленной Росстат, сектор сельскохозяйственных организаций демонстрирует достаточно консервативное состояние (таблица 1). Уровень инновационной активности Российских сельскохозяйственных организаций находится несколько ниже относительно среднего уровня использования инноваций среди Российских компаний. Это говорит о том, что на практике среди большинства организаций встретить активное использование цифровых продуктов можно относительно не часто и характер применения инновационных решений является более вспомогательным или экспериментальным [3, 5].

Таблица 1

Уровень инновационной активности организаций в России, %.

Виды экономической деятельности	2018	2019	2020	2021	2022*
Общий	12,8	9,1	10,8	11,9	11,0
выращивание однолетних культур	4,0	4,8	7,1	8,8	8,6
выращивание многолетних культур	1,4	2,4	4,8	5,7	3,6
выращивание рассады	5,6	5,0	8,7	13,3	7,7
смешанное сельское хозяйство	9,4	2,8	2,5	6,8	9,0
деятельность вспомогательная в области производства сельскохозяйственных культур и послеуборочной обработки сельхозпродукции	3,4	4,3	4,5	5,4	4,2

*Без учета статистической информации по Донецкой Народной Республике (ДНР), Луганской Народной Республике (ЛНР), Запорожской и Херсонской областям.

Подобное положение дел объяснимо, в первую очередь, стратегической задачей пищевой отрасли. Массовое внедрение цифровых технологий возможно только при достижении высокого уровня технической реализации проектов. Цифровые продукты должны, в первую очередь, отвечать требованиям надёжности, отказоустойчивости и безопасности.

При использовании цифровых систем как инструмента управления сельскохозяйственным предприятием, когда основные функции коммуникации между сотрудниками, мониторинг за состоянием посевов, планирование и проведение технологических мероприятий, расчёт норм внесения средств химизации, планирование и введение севооборотов и прочие организационные функции перекладываются в цифровую среду, важно обеспечить максимальный уровень устойчивости работы системы. Сбои в работе, связанные с технической частью, перегрузкой серверного оборудования обрабатываемой информацией, отказ системы в связи с неустойчивым интернет соединением или из-за неисправности электроники, в критические по срокам периоды, посев, сбор урожая и так далее, может привести к убыткам, а при массовом внедрении подобный сбой может привести и к глобальным последствиям.

Одной из новых угроз современности можно назвать глобальные хакерские атаки на инфраструктуру цифровых компаний. Подобное явление сегодня, к сожалению, перестало быть редкостью и часто парализует работу многих сервисов, особенно болезненны атаки жизненно важной инфраструктуры: транспортной, банковской и т. п. Вследствие чего крайне важно ещё на этапе разработок цифровых продуктов сельского хозяйства обеспечить максимальный уровень безопасности и защиты от несанкционированного доступа к системе третьих лиц, способных нарушить работу ключевых систем, тем самым нанося огромный ущерб. А масштабная атака способна вызвать проблемы с урожаем и, как следствие, создать угрозу продовольственной безопасности государства.

В настоящее время Россия столкнулась с беспрецедентным санкционным давлением со стороны других государств. Возникли проблемы с логистическими цепочками, с доступом к некоторым онлайн сервисам и так далее. Значительные усилия прилагались для обеспечения бесперебойной работы ключевых направлений. Цифровизация сельского хозяйства, как развивающаяся отрасль, должна учитывать полученный опыт. Цифровые продукты не должны быть зависимы от импортных компонентов, чтобы не подвергать угрозе важнейший сектор пищевой промышленности.

Крайне важно сформировать критерии качества по отношению к цифровым продуктам в отрасли сельского хозяйства. Это позволит организациям, опираясь на конкретную информацию об уровне технического исполнения проекта, быть уверенными в том, что цифровая система выдержит возложенную на неё полезную нагрузку и обеспечит безотказную работу, сохранит в безопасности конфиденциальные данные и обеспечит работоспособность инфраструктуры. А также не будет уязвима к внешним искусственным ограничениям со стороны иностранных государств и справится со своими задачами в любой международной ситуации.

1. Данилов, В. А. Глобальное будущее в эпоху цифровизации в России / В. А. Данилов, Н. Е. Отекина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : Сборник материалов LIИ Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 29 марта 2019 года. Том Часть 2. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. – С. 411-416. – EDN RONXKF.
2. Щербина, Т. А. Цифровая трансформация сельского хозяйства РФ: опыт и перспективы / Т. А. Щербина // Россия: Тенденции и перспективы развития : Ежегодник, Москва, 20–21 декабря 2018 года / Ответственный редактор В.И. Герасимов. Том Выпуск 14, Часть 1. – Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2019. – С. 450-453. – EDN UGBYZT.
3. Добровлянин, В. Д. Цифровизация сельского хозяйства: текущий уровень цифровизации в Российской Федерации и перспективы дальнейшего развития / В. Д. Добровлянин, Е. А. Антискул // Цифровые модели и решения. – 2022. – Т. 1, № 2. – С. 5. – DOI 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5. – EDN ZNXFGS.
4. Фараджев, Р. Н. Цифровизация растениеводства / Р. Н. Фараджев, Н. Е. Отекина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : Сборник материалов LIV Студенческой научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Тюмень, 19–20 марта 2020 года. Том Часть 2. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – С. 335-338. – EDN NKVGZJ.
5. Технологическое развитие отраслей экономики : Уровень инновационной активности организаций : сайт / Федеральная служба государственной статистики. – Москва : ФСГС, 2023. – URL : <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения : 17.11.2023). – Режим доступа : свободный. – Текст : электронный.

РАЗДЕЛ XXIV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Абдулмажидов Х.А.

Определение объемов наносов и заилений, подлежащих удалению со дна и откосов осушительных каналов мелиоративных систем

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева
(РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-657

Аннотация

Строительство мелиоративных осушительных каналов на территориях сельскохозяйственного назначения с проектными, геометрическими размерами: глубиной, заложением откосов, шириной по дну и по верху, требуемыми уклонами; связано с необходимостью обеспечения оптимальной нормы осушения для конкретных видов сельскохозяйственных культур. В процессе эксплуатации элементов осушительной сети, в виду неизбежного появления наносов и заилений, проектные размеры каналов нарушаются; глубина каналов уменьшается, также и площадь поперечного сечения уменьшается. Все это ведет к нарушению нормы осушения. Для проведения очистных работ необходимо определить объемы наносов и заилений, подлежащих удалению из русла каналов.

Ключевые слова: объемы наносов в каналах, количество наносов, растительность в каналах, проектные размеры канала, уклон дна канала.

Abstract

Construction of reclamation drainage canals in agricultural areas with design, geometric dimensions: depth, laying of slopes, width along the bottom and at the top, required slopes; is related to the need to provide an optimal drainage rate for specific types of crops. In the process of operation of the elements of the drainage network, due to the inevitable appearance of sediments and siltation, the design dimensions of the canals are violated; The depth of the channels is reduced, and the cross-sectional area is also reduced. All this leads to a violation of the drainage norm. To carry out clean-up operations, it is necessary to determine the volume of sediments and silts to be removed from the channel bed.

Keywords: sediment volumes in canals, amount of sediments, vegetation in canals, design dimensions of the canal, slope of the canal bottom.

Перед проведением очистных работ на мелиоративных осушительных каналах в плане производства работ необходимо определить примерный объем наносов и заилений, подлежащих удалению из русла канала. Знание объемов работ по результатам надзора, позволит эксплуатирующей организации выяснить в рамках какого вида обслуживания (ухода, текущего ремонта, капитального ремонта или аварийного ремонта) проводить работы и выбрать комплекс машин с определенным составом по типоразмерам и количеству для выполнения работ по очистке каналов [1-4].

Для определения объемов наносов и заилений можно использовать несколько способов: визуальный; с использованием геодезического оборудования; с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Получить точные результаты объемов наносов и заилений в каналах первым, визуальным способом – весьма сложная задача в виду больших протяженностей каналов, обеспечения требуемого уклона и наличия воды в русле.

Второй способ, заключающийся в использовании геодезического оборудования дает более точную оценку количества и объемов наносов и заилений в каналах. При этом способе

оценки и определения объемов заилений необходимо иметь проектные размеры очищаемого канала, как эталонные параметры для данного конкретного сельскохозяйственного поля, а также конкретные точки привязки к имеющемуся на данный момент каналу.

Третий способ более всего подходит для тех случаев, когда в мелиоративной системе имеются каналы большой протяженности, когда визуальное рассмотрение все участки требует большого количества времени, а также в тех случаях, когда возможны деформации канала в плане. Недостатками этого способа можно считать сложности в определении толщины слоя наносов с высоты полета БПЛА на основании аэрофотосъемки при наличии воды в канале.

В целом сущность определения объемов наносов и заилений сводится к определению разности объемов канала с объемами, появившимися после заданного периода эксплуатации. Объемы наносов V_n , подлежащих удалению из русла канала можно определить по формуле

$$V_n = V_{n1} - V_{n0}$$

где V_{n1} – объемы наносов, появившихся на дне и откосах канала за исследуемый период эксплуатации, м³;

V_{n0} – объемы наносов, имеющихсЯ в русле в начальный период эксплуатации вновь построенного канала, м³.

Объемы наносов V_{n0} имеющихсЯ в русле в начальный период эксплуатации вновь построенного канала, можно считать равными проектным показателям, т.е. соответствующим нулю (если считать в относительных величинах), с учетом возникновения процесса кольматации, когда часть элементов наносов проникают в грунтовые пустоты на дне и откосах канала, формируя при этом кольматационный слой в определенной степени препятствующий фильтрации воды в глубокие слои грунта [5-6]. Кроме отмеченного выше, второй способ подразумевает формирование сетки поверхности нулевого уровня и сетки поверхности наносов и заилений. Чем плотнее эта сетка, тем точнее результат определения объемов наносов. Сетка формируется высотными отметками, полученными с помощью геодезического оборудования. Однако, получение более плотной сетки требует большего количества измерений и больших трудозатрат. Измерения уровней поверхности наносов выполняется с помощью стандартного геодезического оборудования и инструментов: высотные отметки на дне и откосах, а также уклон дна определяются с помощью теодолита и рейки; заложение откосов определяется реечной угловой конструкцией угломера. В случаях наличия воды и мягких слоев наносов в канале вспомогательная веха опускается на дно канала до касания, а потом внедряется усилием до плотного слоя. Разница между показаниями и их сравнение с проектными размерами позволит определить толщину наносов на данном участке. Получив матрицы высотных отметок канала с проектными размерами и с высотными отметками с имеющимися наносами (таблицы 1 и 2) можно получить объемы наносов.

Таблица 1

Матрица, представляющая поверхность дна канала и откосов с заложением
1 : 1 в виде совокупностей относительных высотных отметок.

		0	1	2	3	4	5	6
f =	0	2	1	0	0	0	1	2
	1	2	1	0	0	0	1	2
	2	2	1	0	0	0	1	2
	3	2	1	0	0	0	1	2
	4	2	1	0	0	0	1	2
	5	2	1	0	0	0	1	2
	6	2	1	0	0	0	1	2
	7	2	1	0	0	0	1	2
	8	2	1	0	0	0	1	2
	9	2	1	0	0	0	1	2

Таблица 2

Матрица, представляющая модель поверхности наносов на дне и нижних частях откосов осушительного канала в виде высотных отметок

$k =$		0	1	2	3	4	5	6
	0	2	1	0,5	0,5	0,5	1	2
	1	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	2	2	1	0,4	0,5	0,4	1	2
	3	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	4	2	1	0,5	0,5	0,5	1	2
	5	2	1	0,6	0,6	0,6	1	2
	6	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	7	2	1	0,2	0,2	0,2	1	2
	8	2	1	0,4	0,4	0,4	1	2
9	2	1	0,1	0,2	0,1	1	2	

На рисунке 1 показано распределение наносов и заилений по дну и откосам канала на выбранном участке канала.

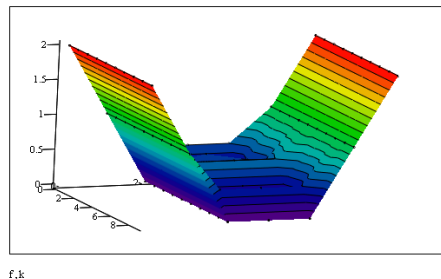


Рисунок 1. Распределение наносов и заилений по дну и откосам на участке осушительного канала.

Выводы.

1. Определение объемов работ по очистке канала имеет определяющее значение при выборе комплексов каналоочистительных машин.
2. Предлагаемый в работе способ определения объемов наносов в настоящее время наиболее оптимален.
3. На основании предлагаемого способа и выявленных с помощью него объемов можно выбрать вид ремонта текущий, капитальный или аварийный.

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Штанько, А. С. Нормативное обеспечение процессов очистки мелиоративных каналов в земляном русле от наносов и сорной растительности / А. С. Штанько, А. Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных трудов. – 2012. – № 48. – С. 113-116.
6. Ушакова, А. Е. Анализ комплексных мероприятий технологии ремонта и очистки мелиоративных каналов / А. Е. Ушакова, В. В. Рыжков // Научные изыскания и поисковые исследования в условиях современных вызовов отечественного и мирового хозяйства, Самара, 30 ноября 2016 года. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Офорт", 2016. – С. 174-178.

Абдулмажидов Х.А.

Разработка рабочего органа мелиоративного каналоочистителя для восстановления осушительных каналов с закрепленным дном

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-658

Аннотация

Открытые мелиоративные системы включают в себя каналы трапецеидального профиля с незакрепленным и закрепленным и дном. Наибольшее количество каналов мелиоративных осушительных систем не имеют крепления дна и откосов, это связано с их протяженностями. Около 25-30% каналов имеют крепление в виде деревянных и дощатых конструкций, возможны каменные и фашинные крепления каналов. Основное назначение крепежных элементов заключается в обеспечении устойчивости откосов каналов.

Ключевые слова: осушительные каналы, очистка каналов, устойчивость откосов, крепление дна и откосов, каналоочистительные машины, заиления, наносы, растительность в каналах.

Abstract

Open reclamation systems include trapezoidal channels with loose and fixed bottoms. The largest number of channels of reclamation drainage systems do not have bottom and slope fastening, this is due to their lengths. About 25-30% of the canals are fastened in the form of wooden and plank structures, stone and fascine fixing of the canals is possible. The main purpose of fasteners is to ensure the stability of channel slopes.

Keywords: drainage canals, canal cleaning, slope stability, bottom and slope fixing, canal cleaning machines, siltation, sedimentation, vegetation in canals.

Мелиоративные каналы осушительной сети имеют обычно в поперечном сечении форму трапеции. Ширина по дну находится в пределах от 0,4 до 0,8 м, заложение откосов составляет 1:1 или 1:1,5, ширина поверху может составлять 6-10 м. Ширина каналов по дну для различных зон в процентном выражении представлена в таблице 1.

Таблица 1

Ширина по дну открытых осушителей.

Ширина по дну, м	Россия (Смоленская область)	Белоруссия
0,2...0,25	Нет	26,0%
0,4	87,0%	49,0%
0,6	10,0%	19,0%
св.0,6	3,0%	6,0%

При очистке и восстановлении мелиоративных осушительных каналов без крепления откосов и дна наравне со специализированными очистительными машинами допустимо применение общестроительных экскаваторов поперечного копания с уширенными сепарированными ковшами. Экскаваторы могут быть на гусеничном или пневмоколесном ходу, и, наиболее оптимальными для решения задач очистки каналов являются машины с полноповоротным рабочим оборудованием. Во многих мелиоративных хозяйствах в виду отсутствия специализированных машин наблюдается именно такая ситуация.

Совершенно иной будет ситуация при попытке производить очистку осушительных каналов с закрепленным дном и откосами общестроительными экскаваторами поперечного копания. В этом случае применение экскаваторов поперечного копания с уширенным мелиоративным ковшом приведет к разрушению деревянных или фашинных креплений.

Наиболее правильным техническим решением в этом случае для очистки дна от наносов и заилений будет применение каналоочистителя с продольным по оси канала движением ковша. Первое такое техническое решение было разработано на кафедре мелиоративных и строительных машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Рабочее оборудование представляло собой жесткие направляющие закрепленные на сдвоенной телескопической стреле, по которым прямолинейно мог двигаться ковш на роликах срезая определенный слой наносов и заилений. Рабочее оборудование устанавливалось на гусеничный трактор ДТ-75.

В настоящее время наиболее распространенной каналоочистительной машиной на мелиоративных предприятиях Российской Федерации и Республики Беларусь является каналоочиститель ОКН-0,5. Данная машина имеет несколько видов сменного оборудования, однако все они преимущественно предназначены для очистки каналов с незакрепленным дном.

В настоящей работе предлагается новая конструкция ковша, которая способна очищать от наносов, заилений и растительности закрепленное дно канала. Конструкция сменного ковшового рабочего органа представляет собой прямоугольный уширенный короб, в нижней части которого имеются две раскрывающиеся с помощью гидроцилиндров ножевые челюсти. Конструкция близка к двухчелюстному ковшу, однако имеет свои особенности, во-первых, более узкая конструкция, помещающаяся в пространство между внутренними стенками деревянных или фашинных креплений дна канала; во-вторых, длина ковша определена таким образом, чтобы на одной позиции очистить больший по длине участок; в-третьих, ковш снабжен механизмом поворота в плане с приводом от гидроцилиндра двухстороннего действия для обеспечения точной подачи рабочего органа во пространство между внутренними стенками креплений дна. Конструкция предлагаемого ковша представлена на рисунке 1.

Работа ковша заключается в последовательном выполнении следующих операций: с помощью стрелы и рукояти ковш подводится к закрепленному участку канала с наносами и заилением; для более точной подачи рабочего органа его положение регулируется гидроцилиндром поворота ковша; в момент установки ковша в пространство между внутренними стенками креплений с помощью двух боковых гидроцилиндров открываются две ножевые челюсти; с помощью стрелы и рукояти ковш с открытыми челюстями внедряется в наносы и заиления до дна канала; челюсти смыкаются с помощью гидроцилиндров; производится подъем, поворот ковша с наносами и выгрузка на берму.

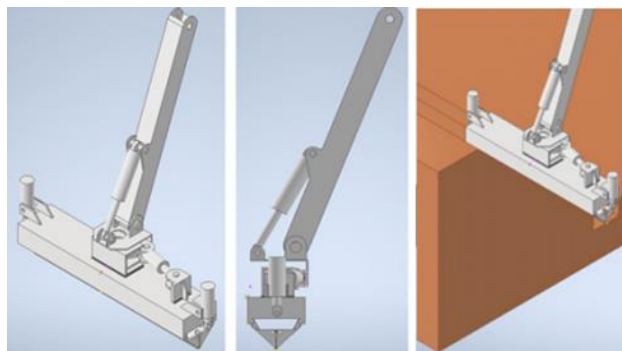


Рисунок 1. Предлагаемая конструкция уширенного двухчелюстного ковша каналоочистителя ОКН-0,5.

С одной позиции можно выполнить несколько операций по длине очищаемого канала, что позволяет увеличить производительность машины.

Выводы:

1. Предлагаемая конструкция двухчелюстного уширенного мелиоративного ковша позволяет очищать каналы с закрепленным дном.
2. Конструкция способна разрабатывать и извлекать со дна канала не только наносы и заиления, но и травяную и кустарниковую растительность.

3. Применение новой конструкции ковша значительно увеличивает универсальность каналоочистителя ОКН-0,5 для работы со сменными рабочими органами.

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 51-55.
6. Соловьев, Д. А. Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов / Д. А. Соловьев, С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов // Основные проблемы сельскохозяйственных наук: Сборник научных трудов по итогам МНПК, Волгоград, 11 октября 2016 года. Том Выпуск III. – Волгоград: Инновационный центр развития образования и науки, 2016. – С. 11-16.
7. Афанасий, Л. К вопросу заиления и очистки каналов мелиоративных систем / Л. Афанасий, У. Тохир, С. У. Алланиязов // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сборник материалов МНПК, 21–22 мая 2020 года. – с. Соленое Займище: ФГБНУ "Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук", 2020. – С. 636-639. – DOI 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-636-639.

Абдулмажидов Х.А.

**Очистка мелиоративных каналов как средство поддержания урожайности
сельскохозяйственного поля**

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (РГАУ-
МСХА имени К.А. Тимирязева)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-659

Аннотация

Очистка мелиоративных каналов, в частности осушительных, является важной составляющей в сельскохозяйственном производстве, заключающейся в поддержании требуемой нормы осушения. Для различных сельскохозяйственных культур норма осушения может находиться в широком диапазоне. Для риса свойственна высокая потребность влаги, ячмень требует меньшего количества воды по сравнению с рисом. Потребный уровень нормы осушения поддерживается очисткой каналов.

Ключевые слова: мелиоративные каналы, осушительные каналы, очистка каналов, норма осушения, комплексы каналоочистительных машин, заиления, наносы, растительность в каналах.

Abstract

Cleaning of reclamation canals, in particular drainage canals, is an important component in agricultural production, which consists in maintaining the required drainage rate. For different crops, the drainage rate can be in a wide range. Rice has a high moisture requirement, barley requires less water compared to rice. The required level of drainage rate is maintained by cleaning the canals.

Keywords: reclamation canals, drainage canals, canal cleaning, drainage rate, canal cleaning machine complexes, siltation, sediments, vegetation in canals.

На первый взгляд, с точки зрения бизнеса, в сельскохозяйственном производстве и мелиорации в целом, очистка мелиоративных каналов (осушительной или оросительной сети) не приносит «сиюминутной» выгоды, как это наблюдается в выращивании и реализации урожаев пшеницы, риса или других культур. В этом смысле очистка каналов напрямую не выдает готовой сельскохозяйственной продукции для продажи. Однако, поддержание мелиоративных каналов в работоспособном состоянии определенно связано с обеспечением высоких урожаев. Кроме того, необходимость очистки каналов становится очевидным при возникновении чрезвычайных ситуаций, таких как: наводнения – когда излишки воды в паводковый период необходимо сбрасывать, а для этого необходимы каналы; засуха: в засушливый период влагу необходимо сохранять с помощью регулирующих сооружений на каналах. Здесь очевидно становится необходимым применение системы двойного регулирования.

Поля для выращивания сельскохозяйственных культур желательно выравнивать по горизонтали использованием планировщиков. В противном случае растение на возвышенностях может погибнуть от нехватки воды, а на понижениях от ее избытка. Поэтому важно равномерное распределение воды по сельскохозяйственному полю с учетом нормы осушения. Осушение производится открытым и закрытым способами. Открытый способ подразумевает работу каналов в земляном теле, закрытый способ - использование дренажной системы.

Открытая система осушения включает в себя множество каналов разного порядка. Схема работы осушительных каналов представлена на рисунке 1. Изначально каналы строятся с определенной проектной глубиной для данного сельскохозяйственного поля, на котором выращивается конкретная культура. Очевидно, что проектная глубина канала увязана с нормой осушения для данной культуры. Для заданной оптимальной глубины соответствует кривая депрессии. Необходимость ежегодной очистки и поддержания требуемой глубины объясняется тем, что с течением времени на дне и откосах каналов появляются наносы, заиления, травянистая и кустарниковая растительность, в некоторых случаях и древесная растительность. Во-первых, все это приводит к уменьшению пропускной способности; во-вторых, не менее важный момент, наличие наносов и заилений, формирование кольматажа уменьшают глубину канала, тем самым кривая депрессии также становится выше, и количество воды на поверхности мелиорируемого поля становится больше, а его избыточное количество негативно отражается на росте растения в вегетационный период.



Рисунок 1. Схема расположения осушительных каналов, кривой депрессии, нормы осушения, глубины канала и проектного уровня воды в канале.

По рисунку 1 видно, что увеличение количества наносов и заилений ведет к росту уровня нормы осушения. Из этого следует, что каналы необходимо чистить каждый год, важно проводить техническое обслуживание осушителей, текущие и капитальные ремонты. Постоянный уход за каналами с поддержанием проектной глубины может продлить срок нормальной работоспособности до следующего капитального ремонта. Очевидно, что и разработка наносов и грунтов на глубину превышающую проектную тоже негативно будет влиять на урожайность поскольку норма осушения также будет нарушена. Кроме этого, с увеличением расстояния между параллельными каналами при их строительстве – необходимо увеличивать их глубину, или наоборот, уменьшение расстояния между каналами

при их проектировании ведет к уменьшению требуемой глубины, но увеличению их количества.

На мелиоративных системах Российской Федерации и Республики Беларусь в настоящее время для очистки каналов наибольшее применение находит каналоочиститель ОКН-0,5. Эта машина изначально выпускалась на Кохановском экскаваторном заводе, в настоящее время производится компанией Амкодор. Рабочее оборудование машины установлено на пневмоколесный трактор МТЗ-1221 и включает в себя уширенный мелиоративный ковш с сепарацией, связанный шарнирно с рукоятью, которая в свою очередь, соединена также шарнирно со стрелой. Стрела с возможностью подъема и опускания закреплена на поворотной платформе. Угол поворота рабочего оборудования в плане составляет 90...100 градусов. По режиму работы ОКН-0,5 относится к машинам периодического позиционного действия.

Место разработки грунта носит название забой, а место отсыпки – отвал. Продолжительность каждой операции измерялась с помощью секундомера. В целом эксплуатационная производительность каналоочистителя определяется по формуле: $P_3 = q \cdot n \cdot \frac{K_n K_B K_{\Pi}}{K_p}$, где q – вместимость ковша, м³; n – количество циклов в час, определяется по формуле: $n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}}$, где $T_{\text{ц}}$ – суммарная продолжительность операций цикла, с. $T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$;

где t_1 – продолжительность отрыва наносов со дна и откосов канала, с.; t_2 – продолжительность подъема ковша с наносами и заиливаниями на требуемую высоту, с.; t_3 – продолжительность поворота ковша с наносами в сторону бермы, с.; t_4 – продолжительность выгрузки наносов из ковша на берму, с.; t_5 – продолжительность обратного поворота рабочего оборудования в забой, с.; t_6 – время на переезд на следующую позицию по берме, на опускание опорного колеса и бульдозерного отвала, с.

Выводы. 1. Подтверждена необходимость постоянного ухода за мелиоративными каналами. 2. Очистка осушительных каналов с обеспечением проектной глубины и нормы осушения напрямую связаны с повышением урожайности. 3. В настоящее время для очистки осушительных каналов наиболее эффективны каналоочистители периодического действия с уширенными мелиоративными ковшами, а также с ковшами с сегментными режущими аппаратами.

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 51-55.
6. Соловьев, Д. А. Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов / Д. А. Соловьев, С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов // Основные проблемы сельскохозяйственных наук: Сборник научных трудов по итогам МНПК, Волгоград, 11 октября 2016 года. Том Выпуск III. – Волгоград: Инновационный центр развития образования и науки, 2016. – С. 11-16.
7. Афанасий, Л. К вопросу заиливания и очистки каналов мелиоративных систем / Л. Афанасий, У. Тохир, С. У. Алланиязов // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сборник материалов МНПК, 21–22 мая 2020 года. – с. Солёное Займище: ФГБНУ "Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук", 2020. – С. 636-639. – DOI 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-636-639.

Беденко О.А., Семенова С.Н.
Путь ручейка к большой реке

*Кубанский государственный университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-660

Аннотация

Целью работы является изучение водного потока от родников в окрестностях п. Гигант до впадения в реку Средний Егорлык у п. Агаренский, определение значимости прудов в окрестностях п. Гигант не только в создании микроклимата территории, но в питании более крупной реки, а также визуальное исследование экологического состояния родников и прудов в окрестностях п. Гигант. В задачи работы входит изучение пути стока воды от дубравы до реки Средний Егорлык; проведение визуальной оценки экологического состояния родников и прудов, а также привлечение внимания к сохранению водных объектов.

Ключевые слова: пруд, п. Гигант, река, исчезновение, загрязнение, ручейк.

Abstract

The objectives of this work are to study the water flow from springs in the vicinity of Gigant village to the confluence with the Sredniy Egorlyk river near Agarenskiy village and to underline the importance of ponds in the vicinity of Gigant village not only in creating the microclimate of the territory, but also in feeding a larger river, as well as a visual study of the ecological state of springs and ponds in the vicinity of Gigant village. The aim of the article includes studying the path of the water flow from the oak grove to the Sredniy Egorlyk river; conducting a visual assessment of the ecological state of springs and ponds and drawing attention to the conservation of water bodies.

Keywords: pond, Gigant village, river, disappearance, pollution, streamlet.

Введение

Поселок Гигант Сальского района не имеет тысячелетней истории, потому что образовался лишь в начале 20 столетия. Климат территории не был привлекателен для переселенцев. Стараниями многих жителей этот неприветливый край превратился в цветущий сад – «фабрику зерна». Как это им удалось? Ценой, каких усилий этот неприветливый край превратился в «фабрику зерна»? Одна из причин – это изменение микроклимата путем создания цепочки прудов.

В последние годы экологическое состояние многих прудов, стало неблагоприятным. Малые пруды оказались в худшем экологическом состоянии, чем главные водные артерии. На современном этапе отмечается повышенный интерес к такой проблеме как необходимость бережливого отношения к нашей планете. Это должно стать основой мировоззрения будущего поколения жителей Земли, именно в этом актуальность данной темы. Проблема исчезновения прудов, их превращения в болота и дальнейшее высыхание, считаем одной из главных экологических проблем Гигантовского поселения.

В исследуемой местности нет малых рек, но создана система прудов на основе родников в балках, которые соединяются между собой и далее небольшой речкой впадают в Средний Егорлык – левый приток реки Западный Маныч, впадающей в Дон. В работе показана эта цепочка и предпринята попытка доказать, что пруды не только смягчают летний зной, но и питают своей водой большую реку.

Цели данной статьи:

- 1) проследить водный поток от родников в окрестностях п. Гигант до впадения в реку Средний Егорлык у п. Агаренский, описать значимость прудов в окрестностях п. Гигант не только в создании микроклимата территории, но и в питании более крупной реки;
- 2) визуальное исследование экологического состояния родников и прудов в окрестностях п. Гигант.



Рисунок 2. Место, где недавно били родники.



Рисунок 3. Пруд Новка.

Пройдя еще 200 м вдоль берега сырого и грязного болотца, мы оказываемся на берегу пруда Новка, который является примером улучшения условий жизни в Сальских степях (рис. 3).

Сейчас состояние пруда запущено. Повсюду можно видеть небрежное отношение местных жителей, которые оставляют после себя горы мусора. Вода в пруду загрязнена и совсем не вызывает желания окунуться в ней. Когда во время зимних морозов или летней засухи уровень воды понижается и обнажается часть дна, то картина ещё ужасней: консервные банки, мешки с мусором, пластиковые бутылки, осколки битого стекла, много оберток от конфет и окурков. Администрация поселка нашла самый простой способ решения проблемы, развесив таблички «Купаться запрещено». Надеемся, что в недалеком будущем все-таки найдутся средства на очистку прудов. Да и каждому жителю надо помнить, что не жители соседних поселений бросают мусор на берегу и в воду. Это наша небрежность. Ведь совсем нетрудно после отдыха на природе собрать мусор в пакет и поместить в контейнер по дороге домой. Нельзя забывать, что пруды, как и все искусственные водоёмы не обладают, как озёра, системой самоочищения и самовосстановления. Они нуждаются в постоянном уходе. Их нужно постоянно очищать от ила, иначе они начинают зарастать, мелеть и, в итоге сначала превращаются в болота, а потом в луга, что и происходит с нашими прудами. Уже давно не течет вода из одного пруда в другой через трубу в плотине, разделяющей два водоема. Из-за засушливого лета пруд отступил от берега на расстояние от 5 до 12 метров (рис. 5).



Рисунок 4. Плотина, разделяющая пруды Новка и Учхоз



Рисунок 5. Пруд, отступивший от берега.

Плотина разделяет пруды Новка и Учхоз (рис. 4). Видно, что и этот водоем постепенно зарастает. Из растительности здесь преобладает рогоз, присутствуют так же камыши и осоки. По краю их постепенно вытесняют злаковые травы и полынь, что свидетельствует об иссушении почвы. Здесь в зарослях рогоза летом можно увидеть несколько цапель. А на самом пруду помимо домашней водоплавающей птицы часто можно встретить небольших диких уток – «нырков» (так их называют местные жители).

Продолжим отслеживать путь нашего ручейка к большой реке. По улице Береговой пройдем (или проедем) 1,5 км к третьей плотине, через которую происходит сток прудов. Видно, что и через эту трубу для сброса воды так же уже давно ничего не текло. А по другую

сторону находится когда-то небольшой пруд, а теперь небольшое болотце. Его называют «Купринка», т.к. на берегу расположилось фермерское хозяйство. И сам фермер не так давно разводил здесь рыбу. Но уменьшение количества влаги и изнуряющий летний зной за несколько лет почти высушили этот пруд. Видно, как пруд постепенно превращается в болото. Практически полностью берега поросли рогозом и камышом, и лишь в центре видна небольшая водная гладь (рис. 6).



Рисунок 6. Купринка.



Рисунок 7. У плотины, ведущей к п. Глубокая Балка.

Двигаемся дальше по балке. Кое-где видны влажные места на дне, а ручейка, который здесь протекал сравнительно недавно, уже нет.

Пройдя еще 500 м по балке вдоль зарослей рогоза и камыша, мы подходим к еще одной плотине, ведущей к поселку «Глубокая Балка». Здесь уже не видно даже маленького ручейка, и только еще зеленеющая осока свидетельствует о том, что он когда-то здесь был. К сожалению, повсюду находятся многочисленные пакеты, бутылки после недавно закрытой здесь поселковой свалки мусора (рис. 7).

Примерно 2 км тянется балка с вязкой невысыхающей грязью на дне, что свидетельствует об имеющемся источнике влаги, возможно, где-то пробиваются небольшие роднички. Постепенно появляется ручей, и мы вновь видим водную гладь. Это пруд Шишка (рис. 8).



Рисунок 8. Пруд Шишка.



Рисунок 9. Место впадения в реку Средний Егорлык.

Именно сюда несут свои воды пруды поселка. Пруд Шишка соединяется с Новкой ручейком, длина которого больше двух километров. Раньше на протяжении всего ручейка была размещена система прудов, но со временем они пересохли. Своё название пруд Шишка получили от того, что по берегам здесь находилось подсобное хозяйство, которое называлось Шестнадцатая точка.

Примерно через 5–6 км у п. Агаренский пруд Шишка, превратившись в небольшой пруд, впадает в Средний Егорлык, где и заканчивается путь ручейка к большой реке (рис. 9).

Заключение

Изучив историю возникновения прудов в окрестностях п. Гигант, мы узнали, что они в середине XX века составляли единую водную артерию, которая заканчивалась впадением в малую реку Средний Егорлык – один из притоков системы реки Дон, а значит, являлись источником её питания. Таким образом, теоретически гипотеза «Пруды в окрестностях п. Гигант являются одним из источников питания р. Средний Егорлык» доказана.

В результате проведенного практического исследования уточнено, что на сегодняшний день цепочка, связывающая родники и пруды в окрестностях п. Гигант с рекой Средний Егорлык, прервана. Причиной этому является не только засушливый климат, но и нерациональное природопользование: неумеренный выпас скота, отсутствие должного ухода за родниками. Конечно, исчезновение родников в окрестностях п. Гигант не станет причиной критического снижения уровня в реке Дон. Но, если не обращать внимание на малые проблемы, они могут вырасти в большие.

Данная исследовательская работа стала основой разработанного проекта туристического маршрута «Путь ручейка к большой реке». Актуальность данного проекта обусловлена важностью развития внутреннего туризма, как новой и перспективной сферы деятельности для п. Гигант.

1. Евсеев В.В. Шаги «Гиганта». Гигантовцы о своем хозяйстве и о себе. Ростов н/Д, Кн. Изд-во, 1978г. 245 с
2. Карты. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru> (дата обращения: 23.11.2023).

Жукова Ж.С.

Проблемы глобального изменения климата

*Московский технический университет связи и информатики
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-661

Аннотация

В статье рассмотрены различные подходы к проблеме глобального потепления в голоцене, теории влияния на изменение температур различных факторов, в том числе и антропогенного, проанализированы проблемы краткосрочного и долгосрочного прогнозирования климатических изменений.

Ключевые слова: голоцен, климат, глобальное потепление, глобальное похолодание антропогенный фактор.

Abstract

The article considers various approaches to the problem of global warming in the Holocene, the theory of the influence of various factors on temperature changes, including anthropogenic ones, and analyzes the problems of short- and long-term forecasting of climate change.

Keywords: holocene, climate, global warming, global cooling anthropogenic factor.

Вопросом глобального изменения климата, в частности, его потепления, ученые, политики и общественность заинтересовались не так давно, если учитывать период инструментальных метеорологических наблюдений за климатическими показателями, который не превышает 200 лет.

История планеты проходила через периоды глобальных колебаний температур много раз и это ни для кого не является секретом. Эти процессы происходили без какого-либо влияния человека и имеют определённые закономерности. Но именно в конце прошлого века глобальное потепление, которое мы несомненно наблюдаем, привлекло к себе самое пристальное внимание и именно оно, по многочисленным заявлениям, грозит планете и человечеству непоправимыми катастрофическими последствиями.

Разберём для начала геологическую эпоху, в которой мы проживаем. Она носит название голоцен и длится по данным Международной комиссии по стратиграфии более 11 тысяч лет. Голоцен делится на три периода, за время которых было 13 взаимно сменяющихся периодов потепления и похолодания. На сегодняшний момент изучены керны льда Гренландии и Антарктиды (озеро Восток) и по ним восстановлен климат планеты на несколько сот тысячелетий назад (рис.1):

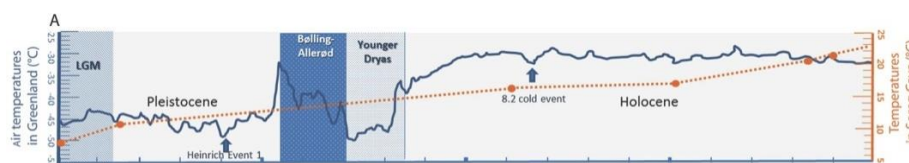


Рисунок 1. Восстановленные температуры воздуха по керну льда GISP 2 в Гренландии (синяя сплошная линия); Значения изотопов в пещере Сорек, Израиль (оранжевая пунктирная линия) [1].

Именно начало голоцена ознаменовало собой расцвет человеческой цивилизации, когда человек из рядового вида живых организмов начал свою экспансию и превратился в сверххищника, численность которого превысила 8 млрд. человек в ноябре 2022 года. Резкий рост численности населения более чем за 200 лет, научно-технический прогресс, увеличивающаяся антропогенная нагрузка на биосферу, а именно образование огромного количества отходов, нерациональное использование ресурсов и наблюдаемое долгосрочное непредсказуемое влияние на экосистемы обратили на себя сначала внимание ученых, неравнодушных людей и в конце концов политиков разных уровней.

И если учёные в своих прогнозах были сдержаны и оперировали научными данными, то представители общественных организаций, опираясь на свой эмпирический опыт и данные краткосрочных метеорологических наблюдений, выдвигали радикальные прогнозы о неминуемой гибели человечества по собственной вине в ближайшие десятилетия. Были сформированы международные организации по климату и уменьшению антропогенного воздействия на биосферу (особое внимание уделялось выбросам парниковых газов). Всё это способствовало внедрению наукоемких технологий, которые позволили снизить загрязнение окружающей среды промышленными отходами, появилось мало- и безотходное производства, внедрены режимы бережного ресурсо- и энергопотребления, получили широкое развитие технологии альтернативного получения энергии. За более чем 30 лет воспитано ни одно поколение людей, понимающих и принимающих необходимость разумного и бережного потребления.

Но всё это происходит под постоянным давлением неизбежности необратимой катастрофы глобального потепления и вины коллективной человечества. С этим мнением не согласны многие учёные, которые приводят неоспоримые доказательства против теории влияния выбросов парниковых газов на процесс потепления. Много обсуждений и споров в научных кругах вызвала статья [2], где были приведены данные исследований о запаздывании увеличения концентрации углекислого газа за ростом температур и обратной зависимости в периоды похолодания. Т.к. современная провозглашённая концепция гласит, что сначала шло увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере, а затем потепление климата. Это объясняло потепление промышленным подъёмом последнего столетия.

В статье Жигалина А.Д. [3] отмечается, что согласно спутниковым данным за 209 месяцев (сентябрь 1996 – январь 2014 гг.) потепления климата не наблюдалось, в отличие от резкого темпа роста концентрации углекислого газа, концентрация которого в современной атмосфере, действительно, значительно превосходит предыдущие периоды. Более того, отмечено даже небольшое понижение температуры, которое со временем было признано мировым сообществом, но преподнесено как успех международного сотрудничества в области снижения парникового эффекта.

Согласно нашим собственным исследованиям данных метеорологических станций Антарктиды [4] можно однозначно говорить о том, что период потепления на континенте по

данным отдельных станций Амундсен-Скотт и Восток, а также объединённых данных 109 станций всего континента [5] с относительно длинными периодами метеорологических наблюдений обозначился только в начале нового тысячелетия, а предшествовал ему период похолодания со значительными колебаниями температур, которые невозможно объяснить действием антропогенного фактора ввиду климатических особенностей Антарктиды и уникального расположения материка [6].

Подобным образом были проанализированы данные станций Австралии [7], по которым можно судить, что потепление во внутренней части континента, которое превзошло температурные показатели 1885-1890 годов также произошло лишь с началом нового тысячелетия, потепление на береговой линии началось на 10 лет раньше, что можно объяснить действием вод мирового океана, т.к. на глобальные движения атмосферной массы положение и климат континента не влияют. Отдельно стоит отметить, что весь период бурного развития промышленности и максимального выброса парниковых газов температура была ниже, чем в начальные периоды наблюдения (ок.1870 г.).

Возвращаясь к работам Weninger B. [1], Humlum O. [2], Жигалин А.Д. [3] можно с уверенностью сказать, что влияние антропогенного фактора на современный этап потепления климата, как минимум, преувеличено. А если внимательно изучить график на рисунке 1, можно увидеть, что современный период голоцена характеризуется понижением глобальной температуры, относительно всего периода. Вполне возможно человечество, действительно, стоит на пороге глобальных изменений. По утверждению Vakulenko N.V., Kotlyakov V.M. et al. [8] и других учёных период голоцена подошёл к концу и в ближайшем будущем (а это может быть и 15 или 1500 лет) планету ждёт глобальное похолодание, сроки наступления которого определить сложно, т.к. изменения климата предсказуемы только на больших интервалах времени от 20 до 120 тыс. лет [9].

Подводя итоги, можно сказать, что объективно протекающее на данный момент потепление климата по своим масштабам и темпам не выходит за рамки климатической нормы голоцена, а на долгосрочном периоде является частью глобального похолодания современного этапа геологической эпохи. Исходя из результатов собственных работ и опираясь на выводы многих учёных можно утверждать, что какого-либо глобального влияния антропогенного фактора на климатические изменения не выявлено. В дополнение можно отметить, что последствия глобального снижения температур в обозримом будущем окажут более негативное влияние, чем предполагаемое потепление, особенно с учётом численности населения и перспектив снижения образования первичной продукции биосферы из-за похолодания, как следствие, снижения массы живого вещества.

Изучение климата и особенно возможности предсказания его колебаний в небольшие промежутки времени – является сложной и актуальной проблемой, где нет места всякого рода спекуляциям. Возможно использование современных высоких технологий, в частности, искусственного интеллекта, позволит решить эту проблему, и позволит человечеству подготовиться к грядущим переменам.

1. Weninger, B. et al. Climate forcing due to the 8200 cal yr BP event observed at Early Neolithic sites in the eastern Mediterranean. *Quaternary Research* 66, 401–420 (2006).
2. Humlum, O. The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature / O. Humlum, K. Stordahl, J.E. Solheim // *Global and Planetary Change*. – 2013. – Vol. 100. – P. 51-69. – DOI 10.1016/j.gloplacha.2012.08.008. – EDN RNZZSV.
3. Жигалин, А.Д. Изменение климата: потепление или похолодание? / А.Д. Жигалин // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата "ГЕОРИСК - 2018": Материалы X Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков: в 2 томах, Москва, 23–24 октября 2018 года / Отв. ред. Н.Г. Мавлянова. Том I. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2018. – С. 44-49. – EDN YNHXFZ.
4. Жукова, Ж.С. Исследование вариативности температурных показателей Антарктиды / Ж.С. Жукова, В.В. Ерофеева // *Вопросы науки*. – 2023. – № 3. – С. 53-57. – EDN WRUQZV.

5. Погода и климат / Летопись погоды / Антарктида. – [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ay> (дата обращения 07.02.2023 г.).
6. Котляков, В.М. Что нового мы узнали о снеге и льде в Антарктиде в период Международного геофизического года и в последующие 10-20 лет / В.М. Котляков // Вопросы географии. – 2020. – № 150. – С. 75-99.
7. Жукова, Ж.С. Анализ динамики среднегодовых температур метеорологических станций, расположенных на побережье и в глубине материка, на примере Австралии / Ж.С. Жукова // Цифровая трансформация, инновации, SMART-CITY. Проблемы устойчивого развития, экологии человека и охраны окружающей среды, Москва, 29 мая – 05 июня 2023 года. – Москва, 2023. – С. 72-76. – EDN HVUNFC.
8. Vakulenko N.V., Kotlyakov V.M., Monin A.S., Sonechkin D.M. Evidence for the leading role of temperature variations relative to greenhouse gas concentration variations in the Vostok ice core record // Doklady Earth Sciences. 2004. V.397, №5. P. 663–667.
9. Вакуленко, Н.В. Предсказуем ли климат в геологическом масштабе времени? / Н.В. Вакуленко, В.М. Котляков, Д.М. Сонечкин // Доклады Академии наук. – 2015. – Т. 460, № 2. – С. 215. – DOI 10.7868/S086956521502022X. – EDN TFVRZH.

Орлова В.Н.

Антарктида как источник климатических данных

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Гимназия «Тарасовка»
(Россия, Пушкинский)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-662

Аннотация

Изучение изменений температурных показателей является актуальной проблемой современной климатологии и сталкивается с рядом проблем. Среди них большое количество взаимодействий, которые необходимо учитывать в прогнозировании, и действие которых носит неопределённый характер. Для определения доли антропогенного воздействия необходимо изучать регионы, где его доля минимальна, например, внутренняя часть Антарктиды.

Ключевые слова: климат, глобальное потепление, Антарктида, средние температуры.

Abstract

The study of temperature changes is an urgent problem of modern climatology and faces a number of problems. Among them are a large number of interactions that need to be taken into account in forecasting, and the effect of which is uncertain. To determine the share of anthropogenic impact, it is necessary to study regions where its share is minimal, for example, the interior of Antarctica.

Keywords: climate, global warming, Antarctica, average temperatures.

Современная эпоха носит название голоцен – период потепления после ледникового периода, который ознаменовался бурным развитием человеческой цивилизации, беспрецедентным ростом численности населения и силы давления антропогенного фактора на биосферу. Перед человечеством стоит проблема гармоничного существования и снижения воздействия на окружающую природную среду, что выразилось в образовании большого количества организаций, сообществ, в том числе международных, деятельность которых направлена на изучение и защиту природы [1].

Техносфера, созданная человеком, оказывает отрицательное влияние на окружающую среду: загрязнение, истощение ресурсов, уменьшение времени существования видов. Впрочем, последнее может быть лишь свойством эволюции. Но нельзя отрицать, что человеческая экспансия играет значительную роль в этом процессе.

Потепление температуры на планете за последние десятилетия подтверждено измерениями, т.к. мониторинг климатических показателей с использованием точных измерительных приборов ведётся около 200 лет [2].

Одним из вопросов, который интересует учёных, является проблема климатических изменений и определение роли антропогенного фактора. С одной стороны деятельность человека имеет планетарные масштабы преобразования биосферы, с другой – климат планеты обусловлен многими факторами, в том числе космическими (солнечная радиация, изменение орбиты планеты и т.п.), поэтому вопрос мощности влияния антропогенного фактора на климат остаётся дискуссионным. Имеет смысл изучать климат в регионах, испытывающих разное антропогенное давление и проводить сравнительный анализ полученных результатов.

Для этих целей хорошо подходит Антарктида, имеющая ряд особенностей, выделяющих этот континент на фоне других регионов планеты: изолированность, относительно равномерный климат. В добавок в Антарктиде круглый год преобладают отрицательные температуры за исключением оазисов, самая низкая плотность населения (менее 0,1 чел./км²), отсутствуют промышленные производства, оказывающие воздействие на экосистему. Средние температуры в зимние месяцы (для Южного полушария) опускаются ниже -75°C , летом на большей территории температуры также находятся на отметке значительно ниже нуля [3].

В Антарктиде преобладают стоковые ветра, поэтому центральная часть материка, можно сказать, изолирована от действия воздушных масс, собирающихся над водами мирового океана. Несмотря на то, что центральная часть континента практически половину времени лишена солнечной радиации, в летнее для континента время количество радиации можно назвать избыточным. Однако альбедо превышает 50%, и большая часть солнечного света отражается от поверхности [4]. Так же именно в Антарктиде в районе подлёдного озера вблизи станции Восток проводились заборы кернов льда, которые дали данные по температурам в прошлом [5].

Сравнение данных всех метеорологических станций Антарктиды [6], показало значительное отличие от динамики изменения температур по двум станциям внутри континента Амундсен-Скотт (Южный полюс) и Восток (Южный магнитный полюс) [7]. Если на полюсах прослеживалась динамика снижения средних годовых температур в последние годы, то в целом по континенту наблюдалось потепление. Следовало разделить станции, чтобы отделить те, где влияние вод мирового океана и атмосферных потоков влияет на показатели, и станции, изолированные от этого воздействия.

Таким образом было получено две группы, разделённые по средним температурам [8]. Как и ожидалось, чем ниже средняя температура по станции, имеется тенденция падения температур в последние годы. Чем выше средние температуры в группе станций, тем отчётливее выражено общее потепление и потепление последнего десятилетия (рис. 1):

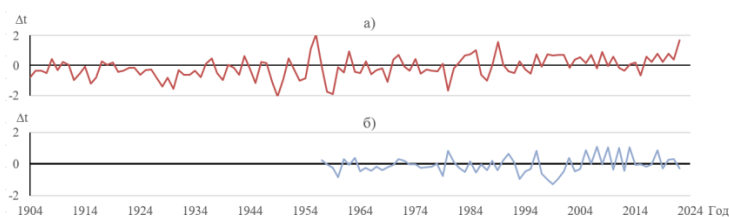


Рисунок 1. Разница в колебании температур (отклонение от средней) разных регионов Антарктиды: а) прибрежные регионы, б) центральный регион.

Кроме того, имеются различия в частоте и амплитуде температурных колебаний и противоположные тенденции, например, 1980-1990 гг. (особенно 1980 г.), 1993 г., 1998-2002 гг. и эта тенденция продлилась до 2011 года, в дальнейшем тренды расходятся. Если судить по данным за 11 месяцев 2023 года по парам станций Восток - Амундсен-Скотт и Беллинсгаузен - Новолазаревская, средняя температура кардинальных изменений не претерпит и останется в пределах 2022 года [9]. Оценку тенденций изменения трендов температур, их сравнение и анализ необходимо проводить с применением современных информационных технологий и искусственного интеллекта методом построения математических моделей прогнозирования с использованием алгоритмов машинного обучения [10], которые позволяют не только оценивать тенденции прошлого, но и позволяют делать прогнозы на будущее.

Таким образом видно, что Антарктида является перспективным источником данных для исследований по климату. Внутренняя часть континента изолирована, тогда как прибрежные станции реагируют на глобальные изменения на планете. Рассматривая регионы Антарктиды по отдельности, можно искать способы определения доли и оценку действия антропогенных факторов из суммы с естественными.

1. Ананьев, В.Д. Проблемы концепции устойчивого развития / В.Д. Ананьев, Г.М. Гусельников, Ж.С. Жукова // Современные проблемы естественных наук и фармации: сборник статей Всероссийской научной конференции: Сборник статей Всероссийской научной конференции, Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 года. Том Выпуск 12. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. – С. 119-122. – EDN HZTUWW.
2. Кулагин, Д.А. Результаты исследования климата Антарктиды за период инструментальных наблюдений / Д.А. Кулагин, К.С. Шварцман // Общество, образование, наука в современных парадигмах развития: материалы IV Национальной научно-практической конференции, Керчь, 09–10 ноября 2023 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 193-197. – EDN XQZJGT.
3. Овоно, А.А.М.Л.Н. Исследование изменений климата Антарктиды и Австралии / А.А.М.Л. Н. Овоно, Е.И. Абдусаматова // Общество, образование, наука в современных парадигмах развития: материалы IV Национальной научно-практической конференции, Керчь, 09–10 ноября 2023 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 198-202. – EDN XVOIKY.
4. Жукова, Ж.С. Исследование вариативности температурных показателей Антарктиды / Ж.С. Жукова, В.В. Ерофеева // Вопросы науки. – 2023. – № 3. – С. 53-57. – EDN WRUQZV.
5. Котляков, В.М. Шестьдесят лет исследований в Центральной Антарктиде / В.М. Котляков // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2020. – № 3-4(107-108). – С. 79-89. – DOI 10.22204/2410-4639-2020-106-107-3-4-79-89. – EDN WWZSUN.
6. Жукова, Ж.С. Динамика изменения среднегодовых температур в Антарктиде / Ж.С. Жукова // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития: Сборник трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции, Керчь, 15–16 мая 2023 года / Редколлегия: Е.П. Масюткин [и др.]. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 161-165. – EDN UUSJJP.
7. Жукова, Ж.С. Проблемы анализа изменения среднесуточных температур на примере станции Амундсен-Скотт / Ж.С. Жукова // Общество, образование, наука: современные тренды: Сборник трудов по материалам II Национальной научно-практической конференции, Керчь, 23–24 декабря 2022 года / Редколлегия: Е.П. Масюткин [и др.]. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2022. – С. 221-225. – EDN JCOVTQ.
8. Жукова, Ж.С. Анализ динамики среднегодовых температур метеорологических станций, расположенных на побережье и в глубине материка, на примере Антарктиды / Ж.С. Жукова // Цифровая трансформация, инновации, SMART-CITY. Проблемы устойчивого развития, экологии человека и охраны окружающей среды, Москва, 29 мая – 05 2023 года. – Москва, 2023. – С. 76-80. – EDN LKSLIF.
9. Погода и климат / Летопись погоды / Антарктида. - [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ay> (дата обращения 29.12.2023 г.).
10. Тимофеев-Каракозов, А.А. Предсказание температуры на южном магнитном полюсе с использованием базовых алгоритмов машинного обучения / А.А. Тимофеев-Каракозов, Д.Д. Ганеева, Е.В. Позднякова // Цифровые, компьютерные и информационные технологии в науке и образовании: Сборник статей Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 01–02 ноября 2023 года. – Брянск: Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2023. – С. 292-298. – EDN TJHCIQ.

РАЗДЕЛ XXV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Душнева Н.А., Могилевская Г.И.

Повышение комфортности жилья человека в контексте проблемы экологии человека

Институт сферы обслуживания и предпринимательства ДГТУ

(Россия, Шахты)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-663

Аннотация

В статье исследуется проблема связи экологии человека и жилищного строительства, обсуждаются вопросы комфортности жилого помещения и их влияния на психоэмоциональное состояние личности. Проводится связь между микроклиматическими условиями жилья и уровнем тревожности человека.

Ключевые слова: экология человека, психоэмоциональное состояние, комфортность жилья, тепло, микроклимат, ограждающие конструкции.

Abstract

The article examines the problem of the relationship between human ecology and housing construction, discusses the issues of comfort of living quarters and their impact on the psycho-emotional state of a person. A connection is made between the microclimatic conditions of housing and the level of human anxiety.

Keywords: human ecology, psycho-emotional state, comfort of housing, heat, microclimate, enclosing structures.

Задумывались ли вы над тем, что дает тепло жилья для человека? Как сильно комфорт вашего дома влияет на психоэмоциональное состояние? Что такое экология человека и почему ей уделяется особое внимание? Эти и многие другие вопросы являются очень актуальными в настоящее время.

Экология человека – это наука, изучающая закономерности взаимодействия человеческих общностей с постоянно усложняющейся окружающей средой обитания. Она анализирует воздействие природных, социальных и производственных факторов, с целью понять направленность и последствия эколого-социально-демографических процессов, а также определить причины их возникновения.

Один из множества вопросов, которые рассматривает экология человека, является проблема здоровья населения. Здоровье людей является главным фактором благосостояния той среды, в которой мы находимся. Среди всех показателей благополучия страны на первом месте находятся такие, как здоровье и долголетие населения. Чем благоприятнее условия жизни у человека, тем меньше он будет болеть, а значит увеличится продолжительность его жизни. Поэтому благополучие человека – это вклад в развитие экономики страны.

Еще с давних времен жилье человека – это не просто крыша над головой. Оно помогает создавать и поддерживать здоровую среду для пребывания в нем людей. Еще на заре цивилизации жилье играло одну из важных ролей в выживании и развитии человека, обеспечивая комфорт и безопасность. А сейчас, когда население планеты более 7 млрд. человек – дом будет действовать не только на выживание человеческого рода, но и на тот очень хрупкий экологический баланс, который поддерживает все формы жизни на нашей планете.

Очень большое заблуждение, что развитие цивилизации и окружающая среда – это два несовместимых понятия. Конечно, обеспечение того, что каждый человек в этом мире хочет иметь доступ к таким удобствам как жилье, свет, вода и т.д. не значит, что мы должны забывать про окружающую среду, а тем более разрушать ее.

Тепло также является важным фактором, неотъемлемым условием комфорта в помещении. Этот элемент среды обеспечивает благоприятные условия жизни и нормальное

функционирование нашего организма. Оно поддерживает температуру тела, обеспечивает работу внутренних органов и метаболические процессы. Благодаря его присутствию мы чувствуем уют и комфорт в нашем доме. Результаты исследований говорят о том, что недостаток тепла может негативно сказываться на здоровье и психологическом состоянии людей.

Тепло также влияет и на наше эмоциональное состояние. Когда нам тепло, мы испытываем чувство уюта и благоприятности. Человеку нужно чувствовать себя в комфортных условиях, чтобы максимально эффективно функционировать. Одним из примеров того, как тепло может повлиять на жизнь человека, является усиление работы иммунной системы. Когда тело находится в теплой среде, оно увеличивает производство гормона, который повышает активность иммунитета.

Более того, тепло может помочь человеку справиться с психологическими проблемами. Человеку легче расслабиться и сконцентрироваться на решении задач в теплой и уютной обстановке. В этом смысле тепло значительно повышает уровень концентрации и производительности человека. Кроме того, тепло может помочь уменьшить тревожность и усталость, а также снизить риск заболеваний.

Рассмотрим проблему экологии человека с точки зрения строительства. Еще на этапе проектирования здания можно предусмотреть ряд мероприятий, позволяющих создать наиболее комфортные условия для пребывания людей. Большое количество потерь тепла происходит через ограждающие конструкции здания. Процентное соотношение теплопотерь представлено на рисунке 1. Поэтому в первую очередь необходимо применять теплоэффективные материалы для ограждающих конструкций здания.

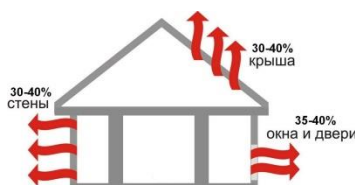


Рисунок 1. Процентное соотношение теплопотерь здания.

Применение конструкций с хорошим сопротивлением теплопередаче позволит не только создать комфортные микроклиматические условия в помещениях, но и в будущем сократить расходы на отопление. Достигается это за счет того, что тепло будет дольше задерживаться в помещениях. Следовательно, не будет необходимости в частом и сильном протапливании.

Управление теплом очень важно для энергосбережения и комфорта. Правильная теплоизоляция помещений позволяет, как было сказано ранее, сохранять тепло и снижать затраты на отопление. Рациональное использование тепловой энергии позволит эффективно осуществлять процессы производства и снижать негативное влияние на окружающую среду.

Также очень важно строить дом из материалов, не имеющих токсичных воздействий на людей, живущих в нем, а также на окружающую среду. Использовать максимально выгодно местные климатические условия (для освещения, вентиляции и обогрева помещений), таким образом, сокращая объемы потребления энергии.

Подводя итоги, можно сказать, что тепло в доме имеет огромное значение для человека и его здоровья. Оно является важным фактором для поддержания хорошего настроения и повышения жизненной энергии. Поэтому необходимо еще на стадии строительства задуматься об условиях, способствующих поддержанию микроклимата внутри здания.

1. И.О. Лысенко, А.А. Коровин, В.П. Толоконников, Е.Б. Гридчина. Экология человека. Курс лекций; ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: СГАУ, 2013. – 140 с. – Текст: электронный. – URL: <https://www.litres.ru/book/a-a-korovin/ekologiya-cheloveka-kurs-lekciy-12239487/chitat-onlayn/> ;
2. Экология человека – Текст: электронный. – URL: https://spravochnick.ru/ekologiya/ekologiya_cheloveka/ .

Соколов Н.С.

Армирование основания для создания фундамента повышенной несущей способности

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-664

Аннотация

Возведение фундаментов с повышенными значениями несущей способности является актуальной задачей современного геотехнического строительства. Особенно оно востребовано при строительстве объектов в стесненных условиях и сооружений повышенной этажности. Часты случаи использования буронабивных свай по технико-экономическим соображениям не целесообразно. Буроинъекционные сваи-ЭРТ с многоместными уширениями в этом случае оказываются максимально востребованы.

Ключевые слова: несущая способность, буронабивная свая, ростверк, сваи-ЭРТ, многоместные уширения, инъекции.

Abstract

Erecting foundations with high load-bearing capacity is a relevant task in modern geotechnical construction. It is especially demanded in confined conditions and in construction of high-rise buildings. Practical cases of using continuous flight augers are not feasible due to technical and economic reasons. EDT continuous flight augers with multi-spot widenings are in most demand.

Keywords: load-bearing capacity, bore pile, foundation frame, EDT augers, multi-spot widenings, injections.

В современном геотехническом строительстве существуют технологии устройства фундаментов повышенной несущей способности. Одним из нормативных документов ТСН-306-2005 «Основания и фундаменты повышенной несущей способности» разработанным Министерством строительства, архитектуры и ЖКХ Ростовской области устанавливаются положения по улучшению строительных свойств грунтов оснований зданий и сооружений способами инъекции химических растворов, армирования основания через направленные гидроразрывы, армирования сваями-инъекторами и буронабивными элементами. Инъекции химическими растворами актуальны только для структурно-неустойчивых грунтов. Поэтому в современном геотехническом строительстве широко востребованы буронабивные сваи.

Возведение подземной части любого сооружения требует особого внимания [1÷4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] со стороны геотехников. Любое внедрение в основание элементов в виде строительных конструкций, а также извлечение из него грунта изменяет сложившееся в течение длительного геологического периода напряженно-деформированное состояние основания (НДС). Также извлечение из него грунтов приводит к его разуплотнению. При этом, чем больше диаметр рабочего органа буровой установки, тем значительны негативные последствия на основание как следствие вынутаго грунта из него. Для сведения отрицательных влияний к минимуму с целью восстановления существовавшего НДС при производстве буровых свай необходимо использовать технологии способствующие восстановлению структуры грунтов основания.

Проектные организации, как правило, при нагрузках на сваи чаще всего проектируют буронабивные сваи диаметром = 600 мм и более.

Практически любой инженер-строитель знает, что чем больше диаметр сваи, тем больше ее несущая способность. Можно назначить буронабивную сваю любого диаметра. Но основным критерием окончательного назначения типа (величины диаметра и длины) буронабивной сваи является кроме технической целесообразности также экономическая эффективность.

Инвестор всегда вкладывает денежные средства в наиболее экономичный и в то же время надежный тип фундамента. Таким образом, для случая свайного фундамента экономическая эффективность рассматривается совместно со стоимостью свайного поля и ростверков [7÷10, 11, 12, 13, 14, 15].

Для доказательства вышесказанного ниже приводятся выкладки доказывающие преимущества буроинъекционных свай, изготовленных по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) по сравнению с буронабивными сваями.

Определение несущей способности F_d производится по формуле (7.11) СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа ($\text{тс}/\text{м}^2$), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2011; A - площадь опирания сваи на грунт, м; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи, кПа ($\text{тс}/\text{м}^2$), принимаемое по СП 24.13330.2011; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 СП 24.13330.2011; γ_{cR} - коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 СП 24.13330.2021.

По формуле (1) произведены расчеты несущей способности F_d по грунту различных типов буровых свай прорезающих текучепластичный суглинок с $I_L = 0.9$, мягкопластичный суглинок с $I_L = 0.6$. Пята свай заделана в полутвердую глину. В качестве типов буровых свай использованы:

- 1) буроинъекционные сваи-ЭРТ без уширений и с уширениями под пятой и вдоль ствола;
- 2) буронабивные сваи \varnothing 600, 800, 1000 мм, изготавливаемые в обсадных трубах, под защитой тиксотронной глины, а также укладываемые с помощью глубокой вибрации. Результаты расчетов F_d по приведённым схемам на рис. 1 сведены в табл. 1.

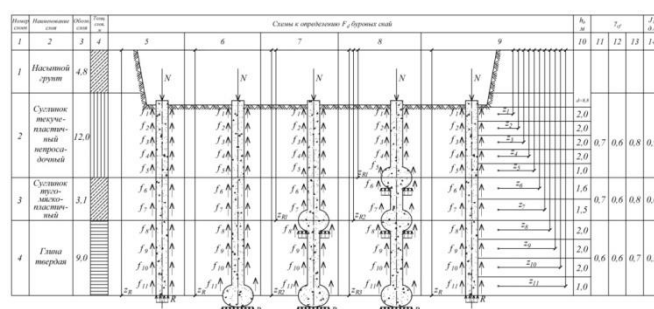


Рисунок 1. Схемы к определению несущей способности F_d буровых свай.

Примечания по столбцам: 5- буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений; 6 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой; 7 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и стволу; 8 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи; 9 - буронабивные сваи диаметром 600, 800, 1000 мм; 11 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 а табл. 7.6 СП 13330.2011; 12 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 б табл. 7.6 СП 13330.2011; 13 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 в табл. 7.6 СП 13330.2011.

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности свай.

№ п.п.	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м ³	Удельная несущая способность, кН/м ³	Удельная расчетная нагрузка, кН/м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Буронабивная свая Ø600 A=0,2826 м ²	1	2330,0	1665,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,6	416,0	297,3	
		2	2300,0	1640,0		5,6	410,7	293,0	
		3	2465,0	1760,0		5,6	440,2	314,3	
2	Буронабивная свая Ø800 A=0,50 м ²	1	3760,0	2685,0		10,0	376,0	268,5	
		2	3725,0	2660,0		10,0	372,5	266,0	
		3	3935,0	2810,0		10,0	393,5	281,0	
3	Буронабивная свая Ø1000 A=0,785 м ²	1	5540,0	3960,0		15,7	352,9	252,2	
		2	5500,0	3930,0		15,7	350,3	250,3	
		3	5770,0	4120,0		15,7	367,5	263,4	
5	Буронабивная свая Ø2000 A=6,28 м ²	1	19400,0	13860,0		62,8	308,9	220,7	
		2	19850,0	14180,0		62,8	316,1	225,8	
		3	19860,0	14200,0		62,8	316,2	226,1	
6	Буроинъекционные сваи-ЭРТ Ø350 A=0,10 м ²	4	1515,0	1080,0		буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений	2,0	757,5	540,0
		5	1680,0	1200,0		буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой	2,0	840,0	600,0
		6	1880,0	1340,0		буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	2,0	940,0	670,0
		7	1930,0	1380,0	буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	2,0	965,0	690,0	

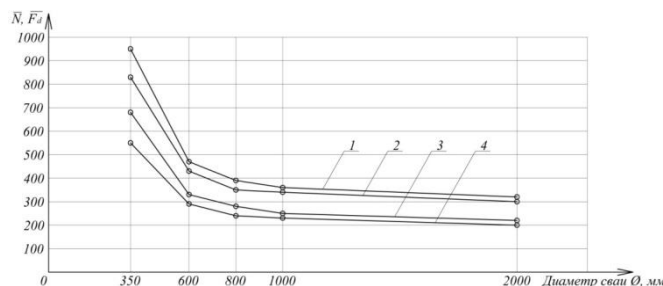


Рисунок 2. Графики зависимости $f(\varnothing, \bar{N})$ и $f(\varnothing, \bar{F}_d)$, где \bar{F}_d - удельная несущая способность [кН/м³], \bar{N} - удельная расчетная нагрузка; 1 и 2 – графики $f(\varnothing, \bar{F}_d)$; 3 и 4 – графики $f(\varnothing, \bar{N})$.
Примечания: 350-диаметр сваи-ЭРТ; 600, 800, 1000, 2000 – диаметры буронабивных свай [мм].

Для оценки величин несущей способности свай и расчетных нагрузок на них в табл. 1 имеются величины удельных значений, это удельная несущая способность \bar{F}_d соответствующая $\bar{F}_d = \frac{F_d}{V_c}$ и удельная расчетная нагрузка \bar{N} соответствующая $\bar{N} = \frac{N}{V_c}$, где V_c – объем рассматриваемой сваи.

Наиболее характерны графики зависимости \bar{N} и \bar{F}_d от диаметра и типа свай приведенные на рис. 2. Ярко прослеживается преобладание \bar{N} и \bar{F}_d для свай-ЭРТ с многоместными уширениями. Оно превышает в 2,5÷4,5 раз значений \bar{N} и \bar{F}_d для буронабивных свай. При этом с увеличением диаметра свай функции $f(\bar{Q}, \bar{F}_d)$ и $f(\bar{Q}, \bar{N})$ выполаживаются, стремясь к асимптоте.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с. 5 Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.
4. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополненное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
5. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
6. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С. 407-411.
7. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
8. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с многоместными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34
9. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с многоместными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
10. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
11. Н.С. Соколов Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. 2017. №5.
12. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
13. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
14. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.
15. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А.Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 411-415.

Соколов Н.С.

Геотехнический опыт строительства в стесненных условиях

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-665

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной задачей в современном геотехническом строительстве. Она приобретает особую важность при строительстве на склонах, изрезанных оврагами. Как правило строительство на поверхностях склонов вследствие разгрузок фильтрационных потоков в виде родников всегда является

проблематичным мероприятием. Гидрогеологические процессы зачастую приводят пересеченные поверхности предназначенные для возведения объектов в неустойчивые состояния приводя их к оползневоопасным. Тем самым безопасное возведение зданий и сооружений на таких территориях всегда сопровождается с одновременным возведением удерживающих заглубленных строительных конструкций. Наиболее конкурентными удерживающими конструкциями являются монолитные железобетонные уголкового подпорные стены возводимые на буровых сваях и закрепляемые грунтовыми анкерами. В статье приведены примеры использования буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ.

Ключевые слова: удерживающие заглубленные конструкции, геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, монолитный железобетонный ростверк.

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations has always been relevant in the modern geotechnical construction. Enhancing the load-bearing capacity of foundations is still relevant in construction on slopes scarred with ravines. Due to discharges of filtration flows taking the form of springs, the construction on slope surfaces is problematic. Hydrogeological processes frequently make crossed surfaces, which are intended for construction, unstable and landslide-hazardous. Therefore, safe construction of buildings in these areas always goes hand in hand with erection of retaining embedded structures. The most competitive retaining structures are cast-in-situ reinforced concrete corner back walls erected with bored piles and secured with soil anchors. The article gives the examples of using EDT continuous flight augers (RIT, FORST, ERST) soil anchors.

Keywords: retaining embedded structures, geotechnical construction, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, cast-in-situ reinforced concrete foundation frame.

Современное капитальное строительство в основной своей массе приурочено к территориям сильно пересеченным оврагами, склонами [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Как правило, такие строительные площадки характеризуются и относятся к неустойчивым в связи с тем, что на их наклонных поверхностях происходит разгрузка фильтрационных потоков. При нарушении статического равновесия фильтрационные процессы на склонах в большинстве геотехнических случаях приводят [4-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] к затоплению строительных котлованов, водонасыщению инженерно-геологических элементов слагающих инженерно-геологические разрезы оснований застраиваемых объектов. В случае квалифицированного подхода к инженерной подготовке площадки строительства в таких условиях возможно избежание негативных факторов. Так, например, в современной геотехнической практике широко внедрены буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) в качестве заглубленных конструкций [8, 9, 10]. Их использование в комплексе с грунтовыми анкерами позволяет обеспечивать устойчивость склонов [9], включая в их совместную статическую работу уголкового монолитные железобетонные подпорные стены [8, 9]. В рассматриваемой статье приводится ряд успешно выполненных геотехнических объектов на склонах в различных регионах Среднего Поволжья, осуществленных при непосредственном участии автора статьи.

Объект №1. Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на сваях буроинъекционных ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в г. Н. Новгород. Подпорная возведена в связи с расширением в сторону склона правостороннего берега реки Ока двухстороннего автомобильного движения в одностороннюю автомобильную дорогу. В связи с размещением одной полосы прямо на склоне возникла необходимость устройства четырех уголкового монолитных железобетонных подпорных стен (см. рис. 1а) на буроинъекционных сваях ЭРТ (рис. 1б). Архитектурную изящность подпорных стен можно наблюдать с Комсомольской площади. Все четыре подпорные стены по их верхам выливаются в одну наклонную прямую

линию. Надежная эксплуатация подпорных стен указывает на правильность выбора технического решения.

Объект №2. Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) объединенное монолитным железобетонным ростверком как заглубленное удерживающее сооружение вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород (см. рис. 2а и 2б). Необходимость возведения такой строительной конструкции вызвано в связи со строительством пятиэтажной гостиницы "Москва". Следует отметить, изначально был проект свайного поля из буронабивных свай диаметром $d=630,0$ мм. В связи с невозможности стесненностью строительной площадки решено было перейти на буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ). Гостиница сдана уже более пяти лет назад и к надежной эксплуатации подпорной стены ни у кого вопросов нет.

Объект №3. Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных уголкового подпорных стен в г. Чебоксары (см. рис. 3). Необходимость проектирования и устройства монолитных железобетонных уголкового подпорных стен совместно с буроинъекционными сваями ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовыми анкерами ЭРТ возникла в связи с горизонтальными перемещениями прислоненного склона и деформациями возведенных на нем объектов. Изначально был осуществлен проект удерживающих конструкций их буронабивных свай диаметром $d=630,0$ мм в один ряд с устройством монолитного железобетонного обвязочного пояса. При анализе причин деформаций выяснилось несколько огрехов. Во первых, в качестве заглубленных конструкций использована однорядная схема устройства свай, что не допустимо с точки зрения соблюдения жесткости конструкции. Во-вторых, она устроена только по основанию склона. Нужно было устроить удерживающие строительные конструкции еще по верху склона. Таким образом, использование на объекте буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ в комплексе с монолитными железобетонными уголковыми подпорными стенами позволило обеспечить безаварийной эксплуатации прислоненного склона.



Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на Окском съезде в г. Н. Новгород



Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) под монолитную уголкового подпорную стену на Окском съезде в г. Н. Новгород

Рисунок 1. Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на буроинъекционных сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в г. Н. Новгород.



Склон вдоль улицы Пожарской в г. Н. Новгород



Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород

Рисунок 2. Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород.



Рисунок 3. Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных угловых подпорных стен в г. Чебоксары.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Hassiotis, S, Chamcau, J.L., Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123 (4). 314-323.
3. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Determination of pile base resistance in sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 125 (8). 673-683
4. Mandolini, A., Russo, G., Veggiani, C. 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. Ground Engineering 38 (9): 34-38.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground", 16-18 May, 2011, ICE 28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
7. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
8. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.

9. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Несоответствия в надежной эксплуатации объекта культурного наследия – Чувашского драматического театра им К.В. Иванова //Жилищное строительство. №4.2023. Стр. 70-75.
10. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
11. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017.№ 11. С. 20-25.
12. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016.№10. С.54.
13. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.

Соколов Н.С.

**Геотехнический опыт увеличения эксплуатационной надежности заглубленных
удерживающих конструкций**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова», ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-666

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При дополнительных увеличенных внешних нагрузках на существующие удерживающие конструкции использование традиционных технологий обеспечения их устойчивости не всегда оправдано. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Часты случаи использования существующих удерживающих железобетонных конструкций под новые дополнительные нагрузки от вновь возводимых объектов. В таких случаях использование буроинъекционных свай ЭРТ позволяет решать сложные геотехнические проблемы, связанные с возможным усилением перегруженных оснований.

Ключевые слова: геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ.

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations has been always relevant in the modern geotechnical construction. When the existing supporting structures are subject to high external loads, it is not always justified to use conventional stability technologies. It is frequently required to use off-standard methods to reinforce foundations. It is not uncommon that the existing supporting reinforced concrete structures are used to take additional loads exerted by newly erected buildings. In these cases, EDT continuous flight augers can address complicated geotechnical issues related with possible reinforcement of overloaded foundations.

Keywords: geotechnical construction, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, EDT ground anchors.

Строительство промышленных и гражданских объектов в стесненных условиях требует [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] специфического подхода, связанного с обеспечением сохранности и надежной эксплуатации зданий окружающей застройки. Для решения геотехнических задач, связанных с этой проблемой электроразрядная технология устройства свай ЭРТ является одной из наиболее востребованных [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Рассмотрен один из случаев геотехнического строительства для многоэт-ажного общественного здания в городе Нижний Новгород. Проектом под десятиэтажное здание гостиницы было предусмотрено устройство буроинъ-екционных свай ЭРТ.

Строительство объекта велось в сложных инженерно-геологических условиях в старом русле реки Волга. Инженерно-геологический разрез на этом участке представлен следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ) (сверху вниз):

Таблица 1

1	ИГЭ-1	Насыщенный грунт (неслежавшийся суглинок с супесью и строительным мусором)
2	ИГЭ-2	Непросадочный туго- и мягкопластичный лессовый суглинок
3	ИГЭ-3	Непросадочный текучепластичный лессовый суглинок
4	ИГЭ-4	Туго- и мягкопластичный суглинок
5	ИГЭ-5	Твердая и полутвердая пестроцветная глина
6	ИГЭ-6	Глинистый полимиктовый песок

Для площадки строительства характерен высокий уровень подземных (ненапорных) вод. Строительство объекта было начато за 5 лет до начала основного строительства с возведения ограждения котлована (глубиной 9,0 м) из двух рядов буронабивных (буроинъекционных) свай диаметром 450,0 мм с шагом 1,0 м (см. поз.1 рис.1 и 3). Подпорная стена котлована была устроена вдоль примыкающих улиц. Непосредственно к котловану примыкает 10-этажный крупнопанельный жилой дом, возведенный на забивных сваях.

Недостатком построенного ограждения оказалось отсутствие монолитного обвязочного железобетонного пояса по верху буронабивных свай. Этот огрех выявился лишь при отрывке котлована. Ряд свай ограждения со стороны примыкающего здания наклонился в сторону котлована (максимальное горизонтальное перемещение достигло 85,0 мм). В результате создавшейся ситуации на наружных стенах жилого дома возникли деформационные трещины. При этом установленные гипсовые маяки разорвались и продолжали рваться, доказывая этим о продолжающейся деформации как самой стены, так и жилого дома. При этом также деформируются все стены с других сторон котлована.

Срочно созданная в связи с возникшей предаварийной ситуацией чрезвычайная комиссия поручила головной проектной организации срочно разработать противоаварийные мероприятия для стабилизации деформаций, как возведенной подпорной стены, так и примыкающего существующего здания. В качестве таких мер была разработана схема усиления подпорной стены в виде распорных конструкций из стальных труб диаметром 1000,0 мм (см. поз. 5 рис. 1 и 3), расположенных на двух уровнях во взаимно перпендикулярных направлениях. Эти мероприятия позволили стабилизировать возникшую критическую ситуацию. Гипсовые маяки на жилом доме перестали рваться, горизонтальные перемещения подпорной стены были приостановлены. При этом геотехнический мониторинг продолжался. При проектной глубине котлована 9,0 м распорные крепления были размещены на глубине 4,5–6,5 м.

В таком замороженном состоянии объект находился более пяти лет.



Рисунок 1. Схема закрепления подпорных стен котлована расстрелами из стальных труб 1000 мм: 1 - существующие буронабивные сваи ограждения котлована; 2 - ограждение котлована из монолитного железобетона; 3 - монолитные железобетонные контрфорсы усиления существующей подпорной стены; 4 - монолитный железобетонный ростверк; 5 - существующие трубы - расстрелы усиления подпорных стен.

В связи с появлением инвестора решено было на этой строительной площадке возводить совершенно другое отличное от ранее планируемого к строительству здание - десятиэтажный объект общественного назначения. При этом проектировщикам необходимо было вписываться в габариты площадки во внутреннем контуре выполненного ограждения из буровых свай (поз.1 рис.1 и 3), а также учитывать существующие схемы усиления подпорных стен с помощью распорных конструкций из стальных труб (см. поз.3 на рис.1 и 3).

Особая техническая сложность возведения заглубленных железобетонных конструкций фундаментов перед строителями возникла в связи с наличием часто расположенных горизонтально смонтированных труб. Задача в идеальном варианте представляется а) демонтаж стальных труб и б) замена на более прогрессивную геотехническую технологию усиления. При этом наиболее слабым звеном все же остается подпорная стена ограждения на месте примыкания к существующему десятиэтажному жилому дому. Совместным решением было принято устроить контрфорсы (см. поз.3 на рис.1 и 3), подпирающие ограждение котлована около жилого дома через монолитную железобетонную конструкцию (см. поз. 2 на рис.1 и 3), устраиваемые между существующими распорными конструкциями. Основанием под монолитные железобетонные ростверки (см. поз.4 рис.1 и 4) контрфорсов предлагалось использование буроинъекционных свай ЭРТ (поз. 2 рис.2) в виде отдельных кустов под монолитный железобетонный ростверк, изготавливаемых по электроразрядной технологии (технология ЭРТ). Необходимость применения свай ЭРТ диаметром 0,35 м и длиной от 12,0 до 19,0 м в зависимости от инженерно-геологических условий в той или иной части строительной площадки обусловлена для целей обеспечения устойчивости контрфорса против сдвига от воздействия горизонтальных усилий. Решено было устройство контрфорсов захватками: 1. Готовый контрфорс с набором проектной прочности всех его элементов; 2. Разборка одной стальной трубы. В такой последовательности производится замена распорок на контрфорсы. В связи с тем, промежуток между трубами составлял три метра, решено было использование буровой установки "Беркут" для устройства свай ЭРТ (см. поз.1 рис.2). Для заезда его в межтрубное пространство строители засыпали песком. Работы по устройству свай ЭРТ приходилось вести в очень сложных условиях между трубами, а удаление грунта из котлована производилось только вручную. Необходимо подчеркнуть, что монолитные железобетонные контрфорсы являлись несущими строительными конструкциями для надземных несущих стен.

Таким образом, для обеспечения безопасной эксплуатации подпорной стены при строительстве нулевого цикла, а также для создания условий для демонтажа стальных труб распорных конструкций был разработан алгоритм устройства контрфорсов, позиции которого приведены ниже:

Таблица 2

1	Засыпка мелкозернистым песком межтрубного пространства
2	Подготовка площадки для устройства свай ЭРТ (поз.2 рис.2) (открытие грунта, устройство песчаной и бетонной подготовок)
3	Заезд буровой установки и устройство куста буроинъекционных свай ЭРТ (поз.2 рис.2) под железобетонный ростверк (поз.4 рис. 1, 3) монолитного контрфорса (поз.3 рис. 1, 3)
4	Устройство вертикальной монолитной железобетонной стены с наружной стороны буровых свай (см. поз. 2 рис. 1 и 3)
5	Устройство монолитного железобетонного ростверка и контрфорса с опиранием об монолитную железобетонную стену (см. поз. 2 рис. 1 и 3)
6	После набора проектных значений прочности бетона составляющих элементов контрфорса производится разборка одной стальной трубы распорной конструкции
Примечания:	
Устройство контрфорсов производилось захватками:	
1	Готовый монолитный железобетонный контрфорс (поз.3 рис.1 и 3) с набором проектной прочности всех его составляющих элементов
2	Разборка одной стальной трубы при условии набора прочности бетона всех составляющих монолитного контрфорса
В такой последовательности производилась замена всех распорок (поз.5 рис.1 и 3) на монолитных железобетонных контрфорсов (поз.3 рис.1 и 3)	



Рисунок 2. Свайное поле под монолитный железобетонный контрфорс 1 – оголовки буронабъекционных свай ЭРТ; 2 – бетонная подготовка под ростверк.



Рисунок 3. Фрагменты выполненных монолитных железобетонных контрфорсов: 1 – существующие буронабивные сваи ограждения котлована; 2 – ограждение котлована из монолитного железобетона; 3 – монолитные железобетонные контрфорсы усиления существующей подпорной стены; 4 – монолитный железобетонный ростверк; 5 – существующая труба – расстрел усиления.

Выполнение работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и жилого дома не было обнаружено.

Устройство буронабъекционных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов, контрфорсы, а также сами ростверки производились одной подрядной организацией. При этом мониторинг горизонтальных перемещений подпорной стены и деформаций осадочных марок жилого дома проводился ежедневно, благодаря чему на данном участке не было нарушений в технологической цепочке (алгоритму): «бурение – бетонирование – электрогидравлическая обработка стенок и пяты скважины – монтаж армокаркасов».

Обязательные этапы, подтверждающие соответствие проекту запроектированных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов:

Таблица 3

1	Испытания на прочность заранее изготовленных кубиков мелко-зернистого бетона, предназначенного для изготовления свай, согласно алгоритму, приведенному выше, подтверждают проектные значения
2	Испытания статической нагрузкой на вертикальную сжимающую нагрузку опытных свай ЭРТ подтверждают проектные значения

Выводы:

1. Выполнение геотехнических работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и многоэтажного жилого дома не было обнаружено.
2. Длительные наблюдения за техническим состоянием многоэтажного крупнопанельного жилого дома дают возможность заключить о технической правильности принятого решения по устройству монолитных железобетонных контрфорсов.

1. Pichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Experience of development of russian megacities underground space. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Pichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Pichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. *Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geotechnical Engineering in urban Environments»*. Vol. 2, pp. 581–585.
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. *The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground»*, 16–18 May, 2011. *tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK*.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. *Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004*, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. *Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, 2003*.
8. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // *Жилищное строительство*. 2017. №11. С 20-25.
9. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буроинъекционных свай ЭРТ // *Строительство: Новые технологии - новое оборудование*. 2017. №12. С. 37-42.
10. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // *Жилищное строительство*. 2017. № 5. С. 34-37.
11. Sokolov N.S., Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: *Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019*. 2019. С. 347-350.
Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями. *Жилищное строительство*. 2017. №9. С. 25-28
12. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. *Строительные материалы*. 2017. №9, С. 47-49.
13. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: *Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плутников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов*. 2014. С. 411-415.

Соколов Н.С.

Деформированная подпорная стена – случай усиления

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-667

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При дополнительных увеличенных

внешних нагрузках на существующие удерживающие конструкции использование традиционных технологий обеспечения их устойчивости не всегда оправдано. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Использование буроинъекционных свай и грунтовых анкеров ЭРТ в большинстве случаев успешно решает многие сложные геотехнические проблемы усиления деформированных оснований.

Ключевые слова: геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ.

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations has been relevant in the modern geotechnical construction. When the existing supporting structures are subject to high external loads, it is not always justified to use conventional stability technologies. It is frequently required to use off-standard methods to reinforce foundations. Using EDT continuous flight augers and EDT ground anchors can successfully address many complicated geotechnical issues related to reinforcement of deformed foundations.

Keywords: geotechnical construction, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, EDT ground anchors.

Обеспечение безопасной эксплуатации вновь возводимых объектов на площадках со сложным рельефом и слабыми физико-механическими характеристиками требует особого подхода [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Часто при новом строительстве приходится сталкиваться с усиленными склонами. Чаще всего они усиливались с помощью заглубленных железобетонных конструкций используемых как удерживающие конструкции. В большинстве случаев они по расчетной схеме относятся к строительным конструкциям консольного типа. Отличительной особенностью таких стен от раскрепленных является то, что при даже небольших дополнительных внешних нагрузках они деформируются. Говорить о том, что они могут воспринять существенные возросшие нагрузки от вновь возводимого объекта, не приходится.

В настоящей статье рассматривается случай приспособления существующей консольной уголкового железобетонной подпорной стены в качестве удерживающей железобетонной конструкции при существенных возросших внешних нагрузках строящегося полотна автомобильной дороги. Следует отметить, что существующая уголковая стена уже была деформирована. Отклонение от вертикали доходило до 950,0 мм при ее высоте 5,0 метров. Эту стену было решено усилить с помощью дополнительных буроинъекционных свай ЭРТ и превратить из консольной в раскрепленную с помощью грунтовых анкеров ЭРТ.

1. Удерживающие железобетонные конструкции представляют комплекс, состоящий из анкерных конструкций, подпорной стенки из свай и железобетонных контрфорсов на свайном основании.
2. Подпорная стенка из свай - буроинъекционные сваи по электроразрядной свайной технологии (сваи ЭРТ), объединенные по верху монолитными железобетонными ростверками. Железобетонные контрфорсы подпирают и связывают существующие с возводимыми конструкциями.
3. Грунтовые анкера, изготавливаемые по электроразрядной технологии (анкера ЭРТ), изготавливаемые по электроразрядной технологии (анкера ЭРТ) устраиваются на начальном этапе производства работ и обеспечивают устойчивость уголкового железобетонной подпорной стены ПС1 на время производства работ и на период эксплуатации. Они представляют собой преднапряженные элементы с железобетонным корнем, получаемым путем электроразрядной обработки грунта по длине скважины.

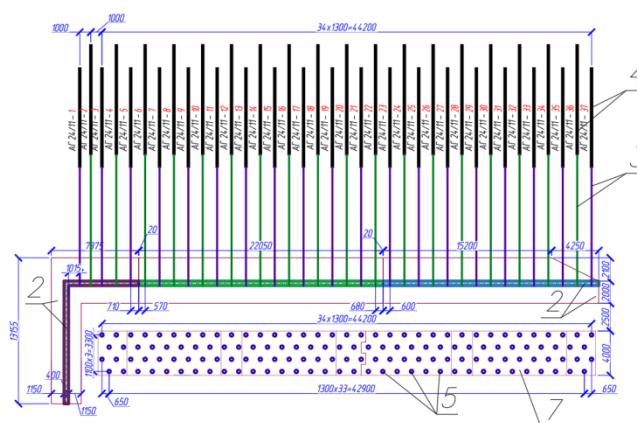


Рисунок 1. Схема устройства монолитных железобетонных ростверков и диафрагм на завершающем этапе: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угловой железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буроинъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк.

Согласно результатам инженерно-геологических изысканий площадка строительства расположена в юго-восточной части жилого микрорайона «Радужный» Московского района г.Чебоксары.

В геоморфологическом отношении район изысканий занимает левый склон долины р. Чебоксарка, в подошве и средней части склона расчлененной густой сетью засыпаемых и засыпанных оврагов, с абсолютными отметками от 71.2 в пойме р. Чебоксарка до 112-116.0 м в северо-западной части площадки изысканий (юго-восточной части спланированной территории мкр. «Радужный»). Перепад высот составляет около 45 м. Общий уклон территории наблюдается в южном направлении – в сторону долины р. Чебоксарка. Инженерно-геологическое строение площадки до исследованной глубины (40.0 м) представлено толщей коренных пород северодвинского и вятского ярусов верхнепермского отдела (P3s+v), перекрытых с поверхности четвертичными отложениями различного возраста и генезиса. Вся толща сверху перекрыта насыпными грунтами большой мощности (tQIV).

Гидрогеологические условия площадки строительства до исследованной глубины (40 м) на период изысканий в августе 2018г. характеризуются наличием одного безнапорного горизонта подземных вод. Подземные воды вскрыты во всех скважинах на глубинах 0.2 - 23.8 м (абс.отметки 71.1 – 100.6м) и приурочены к насыпным грунтам tQIV, оползневым отложениям dpQ(P3s+v), аллювиальным отложениям (aQIII), верхнепермским пескам мелким, пылеватым, средней крупности, водонасыщенным, песчаным прослоям в верхнепермских глинах и суглинках (алевритах) песчанистых и мергелях известковистым (P3s+v). Водоупором служат более плотные нижележащие верхнепермские глины (P3s+v). Инженерно-геологический разрез с указанием вертикальной привязки существующей и вновь возводимой стенок приведен на рис. 2.

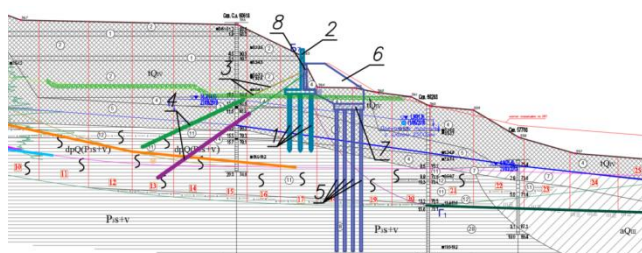
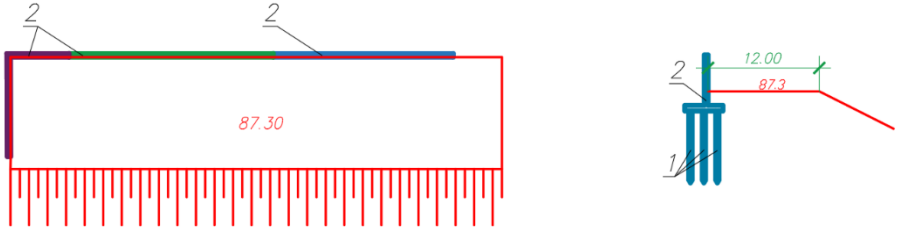
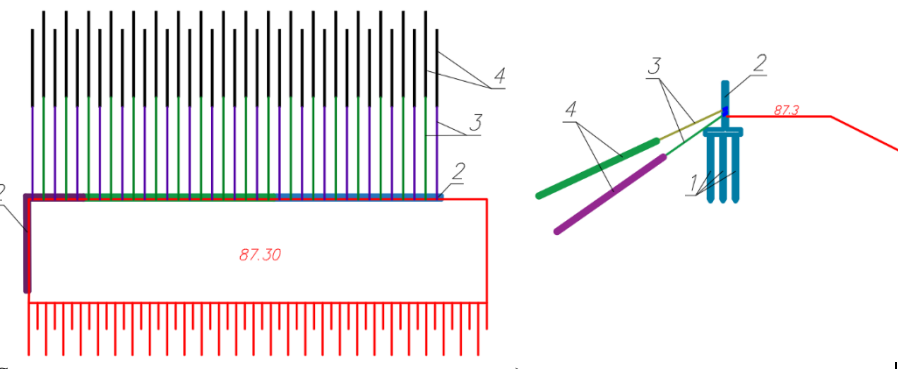
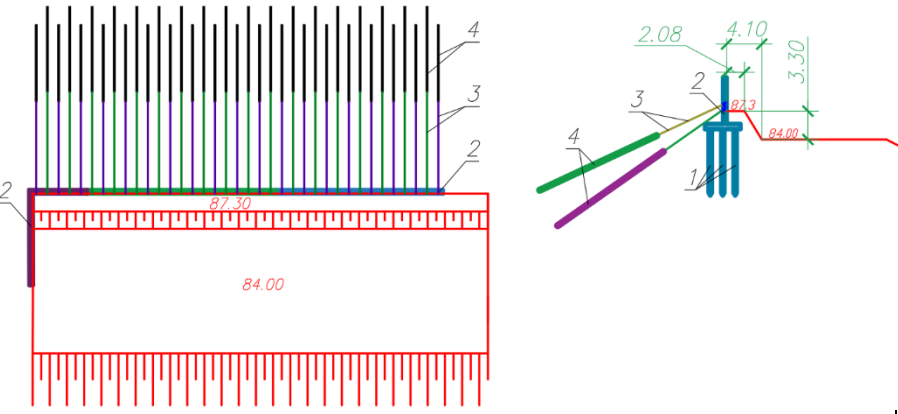


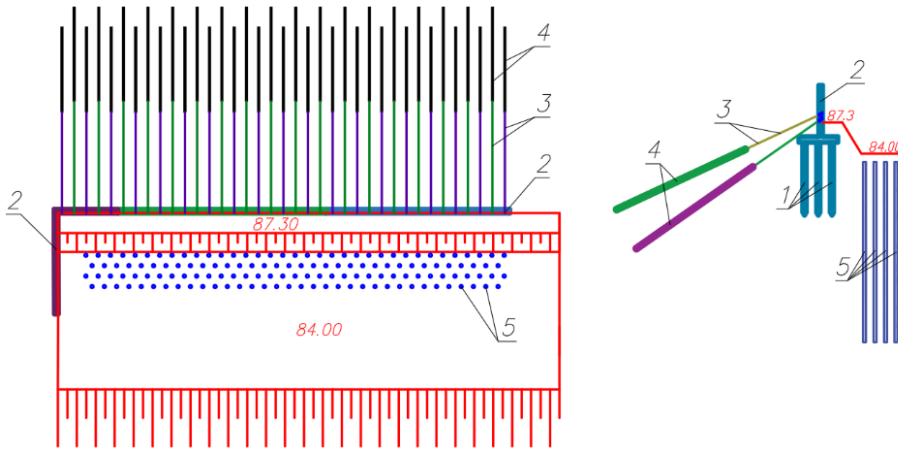
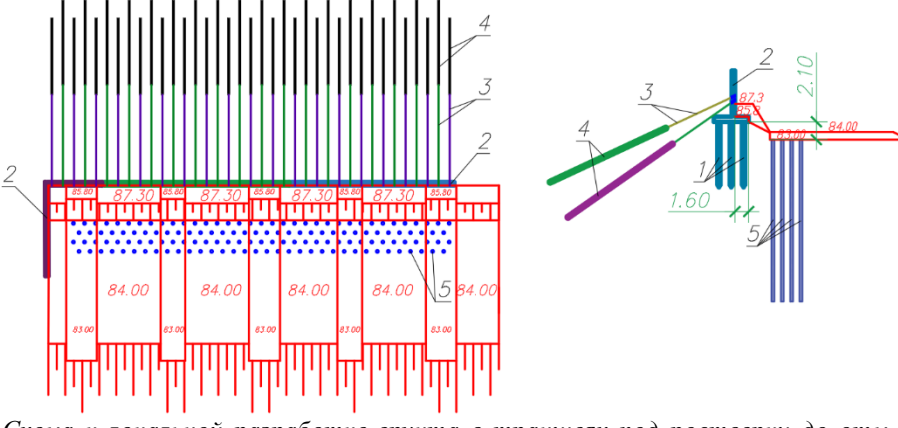
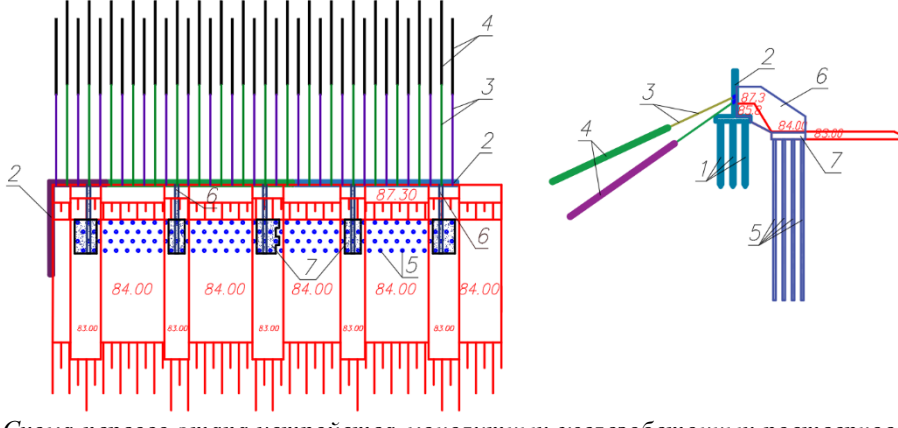
Рисунок 2. Вертикальная привязка свайных фундаментов в инженерно-геологический разрез: 1 – свайное основание из призматических железобетонных свай под существующий 2 монолитный железобетонный угловой ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ (3 – анкерная тяга; 4 – корень анкера); 5 – буроинъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк; 8 – пристенный линейный дренаж.

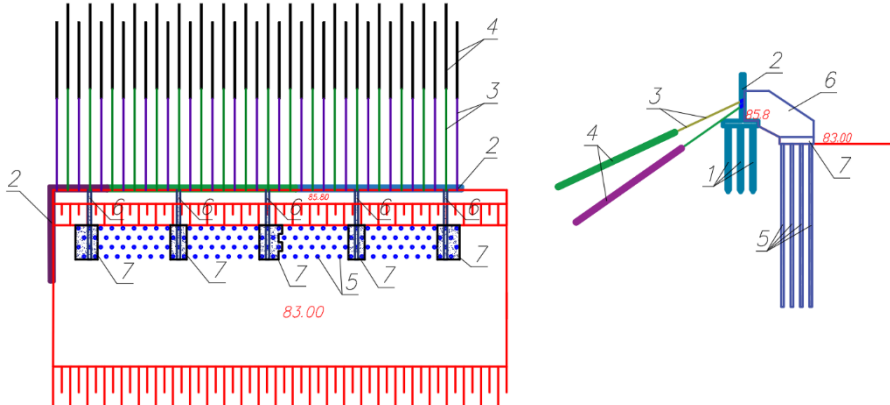
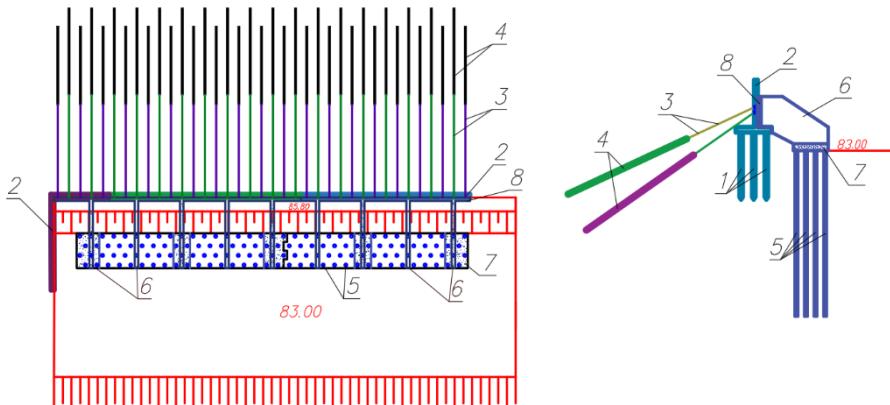
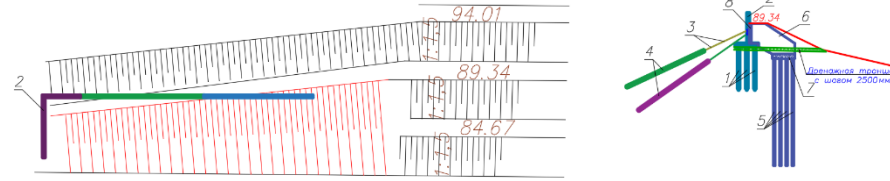
Для использования существующей подпорной стены с целью восприятия ею дополнительных возросших внешних нагрузок был разработан проект приспособления с устройством дополнительных заглубленных железо-бетонных конструкций с использованием буринъекционных свай ЭРТ, грунтовых анкеров ЭРТ, монолитных железобетонных контрфорсов и превращения ее расчетной схемы из консольной в раскрепленную. Ниже в таблице 1 приводится алгоритм производства геотехнических работ, разделенный на этапы. Следует отметить, что их разделения на этапы связана с необходимостью обеспечения устойчивости склона при строительстве.

Таблица 1

Алгоритм производства геотехнических работ.

№ № n/n	Наименование геотехничес-кого этапа	Схема геотехнического этапа
1	Устройство бермы до отм. 87.3	 <p>Схема устройства грунтовой бермы до отм. 87,3: 1 – призма-тические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угло-вый железобетонный ростверк</p>
2	Алмазное сверление отверстий, устройство и натяжение грунтовых анкеров ЭРТ	 <p>Схема сверления отверстий в ростверке для устройства и натяжения грунтовых анкеров ЭРТ: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угло-вый железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ</p>
3	Разработка грунта до отм. 84.0	 <p>Схема разработка грунта до отм. 84.0: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угло-вый железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ</p>

<p>4</p>	<p>Устройство буринъекционных свай ЭРТ</p>	 <p>Схема устройства грунтовых анкеров ЭРТ усиления существующих ростверков (3,4) и буринъекционных свай ЭРТ (5) усиления основания: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угловой железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ</p>
<p>5</p>	<p>Локальная разработка грунта в траншеях под ростверки до отм. 83.0 м</p>	 <p>Схема к локальной разработке грунта в траншеях под ростверки до отм. 83.0 м: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угловой железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буринъекционные сваи ЭРТ усиления основания</p>
<p>6</p>	<p>Первый этап устройства монолитных железобетонных ростверков и диафрагм</p>	 <p>Схема первого этапа устройства монолитных железобетонных ростверков и диафрагм: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный угловой железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буринъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк</p>

<p>7</p>	<p>Разработка грунта до отм. 83.0 м</p>	 <p>Схема разработки грунта до отметки 83.0: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный уголко-вый железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буринъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк</p>
<p>8</p>	<p>Завершение устройства монолитных железобетонных ростверков и диафрагм</p>	 <p>Схема устройства монолитных железобетонных ростверков и диафрагм на завершающем этапе: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный уголко-вый железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буринъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк</p>
<p>9</p>	<p>Устройство дренажа, засыпка пазух монолитной железобетонной уголковой подпорной стенки, планировка участка</p>	 <p>Схема устройства пристенного линейного дренажа, засыпки пазух подпорной стены и планировки участка: 1 – призматические железобетонные сваи; 2 – существующий монолитный уголко-вый железобетонный ростверк; 3, 4 – грунтовые анкера ЭРТ; 5 – буринъекционные сваи ЭРТ усиления основания; 6 – монолитные железобетонные контрфорсы; 7 – монолитный железобетонный ростверк; 8 – пристенный линейный дренаж</p>

1. Cai, F., Ugal, K. 2000. Numerical analysis of the stability of a slope reinforced with piles. *Soils and Foundations* 40 (1): 73-84.
2. Pichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Opyt osvoeniya podzemnogo prostranstva rossijskikh megapolisov [Experience Of Development Of Russian Megacities Underground Space]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Soil Mechanics and Foundation Engineering], 2012, no. 2, pp. 17-20.

3. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov [Geotechnical Support of Urban Development]. St. Petersburg, Georeconstruction Publ., 2010. 551 p.
4. Ilichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
5. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
6. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Sokolov N.S. Ground Anchor Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
9. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
10. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.
11. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
12. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
13. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.
14. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
15. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

Соколов Н.С.

Использование слабых оснований при строительстве насыпей

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-668

Аннотация

Обеспечение надёжности и долговечности оснований насыпей городских магистральных дорог является важной геотехнической задачей. Для обеспечения бесперебойного движения городского транспорта актуальны вопросы увеличения их несущей способности и устойчивости. Современная отрасль имеет различные технологии и материалы, которые могут решить эту геотехническую задачу. Для этого можно применить способы армирования грунтовой насыпи, усиления основания свайным полем железобетонными сваями, щебеночными сваями или комбинированные методы.

Ключевые слова: городские магистральные дороги, свайное поле, геосинтетические материалы (тканый геотекстиль, геосетки), армонасыпь, щебеночные сваи.

Abstract

It is important in geotechnical terms to ensure reliability and durability of fill foundations of urban trunk roads. To ensure seamless traffic in city transportation systems, it seems relevant to improve their load-bearing capacity and stability. The modern industry offers various technologies and

materials that may address this geotechnical issue. This may include soil filling reinforcement, fill reinforcement by reinforced concrete pile field, macadam piles, or using combined methods.

Keywords: urban trunk roads, pile field, geosynthetic materials (woven geotextile, geonets), reinforced fills, macadam piles.

В связи с увеличением объёмов строительства и освоением новых территорий вновь становятся актуальны задачи, которые раньше старались обходить стороной. В активно развивающихся городах застраиваются новые микрорайоны. Зачастую остаются лишь участки, где в основании залегают слабые или просадочные грунты, а также вести строительство на оврагах, которые были засыпаны большой мощностью различных техногенных грунтов, также не отличающихся высокой несущей способностью [1-9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Все новые микрорайоны нуждаются в транспортных коммуникациях с центром и другими жилыми районами городов. Магистральные дороги как раз и выполняют эту функцию. Основной проблемой при строительстве инженерных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях является обеспечение прочности, устойчивости оснований, а также предельно допустимых величин осадок [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Для наглядности и конкретизации рассмотрим один из разрабатываемых проектов: "Строительство автомобильной дороги по ул. Николая Рождественского в г. Чебоксары». Рассматриваемый участок представляет собой значительно техногенно измененную строительной деятельностью территорию, в результате полной или частичной засыпки оврагов, прокладки ливневой и дренажной канализации. Рельеф проектируемой дороги так же очень сложный, со значительными перепадами абсолютных отметок от 95,4 до 107,1 м по днищам оврагов и 108,6 – 105,1 м по аккумулятивно-денудационной поверхности. Также на данном участке наблюдаются опасные инженерно-геологические процессы в виде: 1. Оползневых процессов по бортам оврагов; 2. Суффозий с образованием локальных провалов; 3. Овражной эрозии; 4. Самоуплотнение неуплотненных прослоев в насыпных грунтах; 5. Техногенное подтопление застраиваемых участков; 6. Ползучесть насыпных грунтов; 7. Просадочность грунтов при замачивании.

Основными характеристиками рассматриваемой автомобильной дороги являются: 1. Категория дороги – магистральная дорога районного значения с пешеходными тротуарами; 2. Тип дорожной одежды – капитальный согласно СП 34.13330.2014 «Автомобильные дороги.» (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*), ширина проезжей части 16,0 м (до 23,0 м на съездах); 3. Ширина земляного полотна по верху от 27,0 до 35,0 м; 4. Максимальная высота насыпи до 23,4 м по оси и 27,0 м до низа откоса; заложение откосов: - 1:1,5 (до 6,0 м от верха); -1:1,75 (до 12,0 м от верха); -1:2,0 (до 18,0 м от верха); -1:2,5 (более 18,0 м от верха) согласно СП 78.13330.2012 .

Таблица 1

Конструкция дорожной одежды.

Наименование слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м
Верхний слой покрытия	Горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б марки I	0,05
Нижний слой покрытия	Горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки II	0,07
Верхний слой основания	Черный щебень	0,30
Нижний слой основания	Фракционный щебень (фр. 40-70) М800 с расклинцовкой мелким щебнем (фр.10-20)	0,30
Технологическая прослойка	Геотекстильный материал «Дорнит»	-
Дополнительный слой основания	Песок мелкий с $K_{\phi} > 1\text{м/сут}$	0,50
Уплотнённый грунт основания		

Примечание: суммарная толщина конструктивных слоёв дорожной одежды составляет 1,22 м.

Численный анализ деформаций и устойчивости насыпи выполнен при помощи программного комплекса геотехнических расчетов *PLAXIS 2D* по методу конечных элементов (далее - МКЭ).

Применение численных методов расчета (МКЭ) регламентируется такими документами как: СП 16.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003) и ОДМ 218.2.006-2010 "Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог".

При создании геометрической модели грунтовый массив разбивается на сеть 6 узловых треугольных изопараметрических конечных элементов (КЭ), в которых перемещения определяются во всех узлах, а напряжения (вычисляются по методу К.Терцаги) – в трех точках.

Транспортная нагрузка, учитываемая в расчетах устойчивости насыпи – 45,0 кН/м², принята по ГОСТ Р 52748-2007 «Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения», равномерно распределена по ширине проезжей части. Согласно п.4.3.2 ГОСТ 32960-2014 «Автомобильные дороги общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения» при расчетах осадки насыпи в качестве временной подвижной нагрузки следует принимать нагрузку АК, приведенную к эквивалентной равномерно распределенной нагрузке q_{AK} интенсивностью, кПа:

$$q_{AK} = (7,4 \cdot n / B_{ЗП}) \cdot K = 13,36,$$

где n - число полос движения; $B_{ЗП}$ - ширина земляного полотна поверху, м; K - класс нагрузки АК.

Рельеф Чувашской Республики сильно изрезан оврагами в связи с непрекращающимися эрозионными процессами. В связи с этим в Республике огромный недостаток грунта для строительства и возведения насыпей, поэтому чаще всего для отсыпки насыпей применяют песок, который в огромных количествах добывают на берегах Волги. Отсыпка насыпей переменной высоты (от 0 до 23,0 м) представляет собой сложный и длительный процесс. Отсыпку нужно произвести послойно с уплотнением каждого слоя. Так же нужно учесть доуплотнение и деформации нижних слоёв от увеличивающейся нагрузки самой насыпи. Период консолидации этой насыпи расчётно может составить до одного года. Что недопустимо долго для данного объекта, в связи с необходимостью скорейшего ввода его в эксплуатацию. Также невозможно в период консолидации добиться полных осадок и деформаций насыпи. Полезная нагрузка от проезжающего транспорта является. На рис 1 и 2 приведены эпюры горизонтальных деформаций насыпи и суммарная деформация.

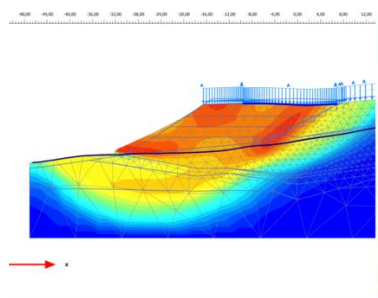


Рисунок 1. Эпюры горизонтальных деформации основания насыпи на косогоре.

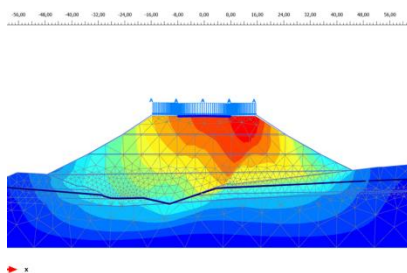


Рисунок 2. Суммарная деформация основания высокой насыпи.

Укрепление насыпи полуобоймами предусматривает армирование земляного полотна с помощью геосинтетических материалов (*тканого геотекстиля, геосетки, плоской георешетки и их композиций*) с максимальной нагрузкой на растяжении не менее $30,0 \text{ кН/м}$. Армируя насыпь слоями композиционных материалов различного вида и уплотненным грунтом мы получаем – армогрунт. На рис. 3 приведена схема послойного армирования, поперечный профиль построен в программном комплексе IndorCad, который позволяет закладывать и высчитывать объём требуемого материала на возведение данной конструкции.

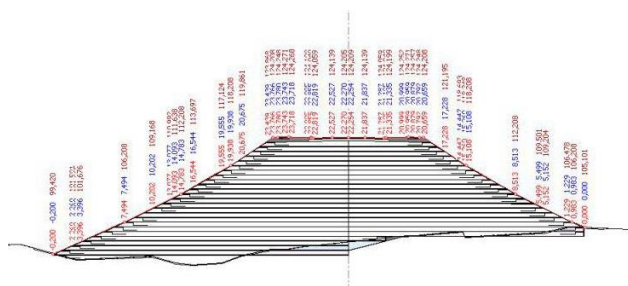


Рисунок 3. Армонасыпь.

Такая конструкция значительно эффективнее воспринимает нагрузки от собственного веса и проезжающего транспорта и пешеходов, равномерно распределяя его по всему телу насыпи.

Увеличить скорость консолидации и повысить устойчивость и несущую способность основания насыпи из мелкозернистого песка возможно применяя современные рулонные геосинтетические материалы. Устойчивость насыпи достигается укладкой материала в виде обойм или полуобойм с заворотами на $3,0 \text{ м}$. В результате получается армированные слои, работающие на поперечное растяжение. Прочность материала на разрыв применяется от 300 в верхних слоях до 600 кПа в нижних слоях насыпи.

Замена слабого слоя в основании также является хорошим способом увеличения устойчивости насыпи. Но в условиях уже существующей застройки применение этой геотехнической технологии не всегда возможна. При этом практически невозможна разработка котлованов открытым способом. Применение дренирующих свай позволяет отвести излишек влаги из переувлажнённого основания насыпи. Однако при выполнении таких работ нужно не забывать про геотехнический мониторинг зоны влияния от строительных работ, нужно учесть наличие близко расположенных зданий. Известно, что неравномерное понижение уровня грунтовых вод может привести к неравномерным деформациям их фундаментов.

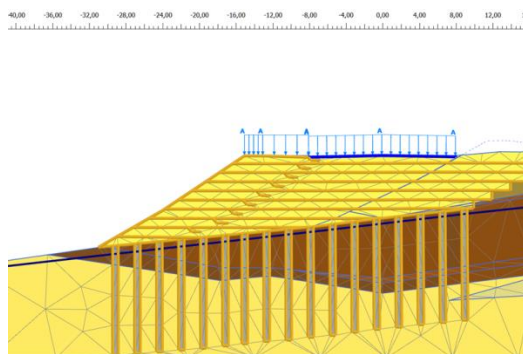


Рисунок 4. Модель расчетной осадки армонасыпи и грунтового основания с щебеночными сваями в виде сети КЭ.

Применение щебеночных свай рационально комбинировать с армонасыпью (рис.4), за счёт чего появляется возможность использования менее прочного геотекстиля или увеличения шаг армирования, в результате счёт чего появляется возможность экономии .

Ещё одним комбинированном варианте можно рассмотреть вариант применение армонасыпи совместно с бетонными сваями (рис.5), однако ввиду высокой дороговизны устройства свайного поля данный способ наименее привлекательный с экономической точки зрения.

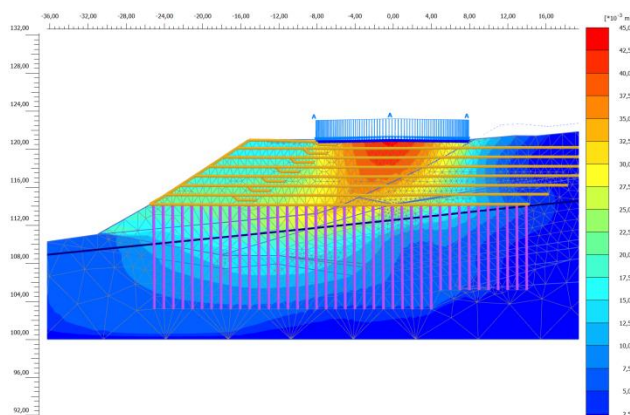


Рисунок 5. Суммарная осадка армонасыпи с бетонными сваями в виде изополей двумерных деформаций на этапе эксплуатации (мм).

Выводы:

1. Современные геотехнические технологии позволяют производить строительство крупных и ответственных сооружений на слабых основаниях с минимальными значениями осадок после ввода в эксплуатацию объекта.
2. Наиболее предпочтительный вариант для каждого отдельного участка следует выбирать на основе технико-экономического обоснования в соответствии задачам, которые должна выполнять запроектованная конструкция.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ. 2009. В 50 с.
4. В. М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям).
5. Мангушев, Р.А. Оценка влияния вдавливания шпунта на дополнительные осадки соседних зданий / Р.А. Мангушев, А. В. Гурский // Геотехника. № 2. - М., 2016. - С. 2-7.
6. Мангушев, Р.А. Учет жесткости конструкций «стена в грунте» на осадку соседних зданий / Р.А. Мангушев, Д.А. Сапин // Жилищное строительство. № 9. - М., 2015. - С. 3-7.
7. Мангушев, Р.А. Учет технологических осадок существующих сооружений при строительстве около них новых зданий с развитым подземным пространством / Р.А. Мангушев, А. В. Гурский, Д.А. Сапин // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. -С. 9-22.
8. Мирсаяпов, И.Т. Результаты геотехнического мониторинга несущих конструкций здания при реконструкции / И.Т. Мирсаяпов, Р.Р. Хасанов, Д.Р. Сафин // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 164-169.
9. Никифорова, Н.С. Геотехнические отсечные экраны для защиты зданий при устройстве коммуникационных коллекторов. III Академические чтения им. Профессора А. А. Бартоломея. Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства / Н.С. Никифорова, Д.А. Внуков // Мат. межд. конф. Пермь, 18-19 октября 2011. - Пермь: Изд-во Пермского национально - иссл. политех. ун-та, 2011. - С. 413-42. Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. - 2012. 284 с.
10. Соколов Н.С., Рябинов В. М. Технология устройства буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
11. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. Стр. 34-38.

12. Соколов Н.С. Определение типа заглубленной конструкции усиления основания под насыпью высокоскоростной железнодорожной магистрали // Строительные материалы. 2018. №9. Стр. 62-66.
13. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. T. 771. C. 56-69.
14. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буринъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
15. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
16. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.
17. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37. 30+3
18. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54. 31+2
19. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11. 30+3

Соколов Н.С.

Мелкозернистый бетон - материал буринъекционных свай-эрт

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-669

Аннотация

Прочность бетона поперечного сечения буринъекционных свай-ЭРТ является основополагающим показателем для определения ее несущей способности по грунту и по телу. Электроразрядная технология позволяет увеличить прочность мелкозернистого бетона. При этом она может превысить прочность необработанного бетона электрогидравлическим способом на 40÷50 %. Важную роль в процессе набора прочности бетона играет соблюдение технологического регламента изготовления свай-ЭРТ. В геотехническом строительстве очень часты случаи не соответствия прочности бетона готовых свай проектным значениям.

Ниже в статье приводится случай из геотехнической практики.

Ключевые слова: прочность мелкозернистого бетона, буровые сваи, электроразрядная технология, сваи-ЭРТ, мелкозернистая бетонная смесь (БСМ), удобоукладываемость.

Abstract

Concrete strength in cross section of EDT continuous flight augers is the fundamental indicator used to determine its load-bearing capacity in soil and body. The electrical discharge technology increases strength of fine concrete. It can also improve strength of coarse concrete by 40-50 % using electro-hydraulic method. An important role in concrete strength gain is played by the procedure for making EDT augers. Geotechnical construction is notorious for non-compliances between concrete strength of finished piles and design levels.

The article gives case studies of geotechnical practice.

Keywords: fine concrete strength, bored piles, electrical discharge technology, EDT augers, fine concrete mix (FCM), workability.

Возведение любого сооружения предполагает пооперационный технический контроль качества строительства, позволяющий обеспечить безопасную эксплуатацию возводимого объекта. Особое беспокойство вызывает качество изготовления буровых свай. Известно, что технология изготовления буровых свай представляет сложную технологическую цепь, состоящую из бурения, бетонирования и армирование ствола. Если рассмотреть буринъекционную сваю, изготавливаемую по электрогидравлическому методу (сваи-ЭРТ), то к технологии ее изготовления добавляется еще электрогидравлическая обработка стенок скважины в теле свежесложенного бетона. Для свай-ЭРТ технологическая цепь выглядит:

«бурение скважины - бетонирование – электрогидравлическая обработка - армирование ствола».

В настоящей статье рассмотрено влияние качества выполнения бетонирования ствола на несущую способность свай.

Ниже приводится пример алгоритма подбора состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) для изготовления свай-ЭРТ.

Одной из стадий строительного проектирования конструкций железобетонного ствола буронагнеточной свай-ЭРТ является подбор состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) по ГОСТ 7423-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».

Алгоритм подбора состава БСМ представляется в следующей последовательности:

1. По величинам проектной несущей способности свай ЭРТ F_d по грунту назначается класс (марка) бетона по прочности на сжатие. При этом согласно ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые» *средняя прочность бетона* закладывается при коэффициенте вариации $V=13,5\%$, обеспеченности не менее 95% от назначенного значения. Например при проектной марке мелкозернистого бетона $M400$ величина *кубиковой прочности* должна составлять $R=38,5\text{ МПа}$ ($392,5\text{ кг/см}^2$).
2. По ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» подбирается марка по удобоукладываемости бетонной смеси P и показатель подвижности (осадка конуса).

Для примера символ $P4$ означает осадку конуса 20 см.

3. Назначаются условия твердения. В основании ниже глубины промерзания условия твердения – естественные. При осуществлении геотехнических работ в условиях отрицательных температур применяются или химическое твердение с применением формиата натрия или электрический метод прогрева с помощью греющих проводов. Следует отметить, что электропрогрев из опыта производства работ нежелателен. Возможно, возникновение усадочных трещин в теле бетона в результате быстрого набора прочности и как результат отрыв части свай-ЭРТ прогреваемой от части твердеющей естественным путем.
4. Подбираются компоненты к мелкозернистому бетону – *цемент, мелкий заполнитель, добавки к бетону и вода*.
 - 4.1. Портландцемент, как правило, на объект поставляется из ближайшего цементного завода. В средневолжском регионе используется цемент производства ОАО «Мордовцемент». Согласно ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные» контролируемые параметрами являются: 1) *прочность на сжатие* в возрасте 28 суток $R=50\text{ МПа}$; 2) *нормальная плотность* цементного теста 27% ; 3) *сроки схватывания*: начало 2 часа 35 мин, конец 4 часа 25 мин; 4) *истинная плотность* $\rho=2,63\text{ г/см}^3$.
 - 4.2. В качестве мелкого заполнителя принимается природный речной песок по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия (с Поправкой)» с *моделью крупности не более* $M_k=2,0$. Определяется *процентное содержание фракций крупнее* $M_k\geq 2,0\text{ мм}$ и *плотность минеральных частиц* ρ_s .
 - 4.3. Для увеличения прочности бетона и увеличения подвижности используются добавки. Например, добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – модификатор бетона по ТУ 5870-176-46854090-04, изготавливаемый ООО «Предприятие Мастер Бетон» г. Москва одновременно является пластификатором и модификатором.
 - 4.4. К воде также предъявляются особые требования согласно ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов».

5. В строительной лаборатории под назначенные *прочность, подвижность, удобоукладываемость, условия твердения* согласно ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава бетона» проектируются: 5.1. *Водоцементное отношение*, например В/Ц = 0,51, где В – масса воды; 5.2. Соотношение материалов по массе, например Ц:П=1:2,1, где Ц-масса цемента; П – масса песка; 5.3. *Содержание добавок в % от массы цемента*, например *содержание ЭМБЭЛИТ 8-100 = 10*; 5.4. *Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси*;

Для примера на одном из объектов использованы: цемент – 850 кг; песок – 810 кг; добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – 85 кг; вода – 465 кг.

Кроме характеристик номинального состава мелкозернистого бетона в алгоритме подбора состава приводится раздел фактически возможного расхода материалов на 1 м³ бетонной смеси.

6. Физико-механические свойства бетона, обязательные для подтверждения правильности подбора состава на объекте – это *средняя плотность бетона* в серии образцов размером 10×10×10 см, ρ [г/см³] и предел прочности на сжатие в возрасте 7 и 28 сут.

Далее рассмотрен случай из строительной практики. Проектом под десятиэтажное здание гостиницы было предусмотрено устройство буроинъекционных свай, изготавливаемых по электроразрядной технологии (ЭРТ). Эта технология включает *бурение, бетонирование, электрогидравлическую обработку, армирование и доливку бетона*. Вследствие того, что данные стадии работ выполняли четыре подрядные организации и отсутствовал должный поэтапный контроль набора прочности бетона, был нарушен технологический цикл и более чем 50% свай не была достигнута проектная несущая способность. Поэтому возникла необходимость перепроектирования свайного поля.

Строительство объекта велось в сложных инженерно-геологических условиях в старом русле реки Волга. Геологический разрез на этом участке представлен следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ) (сверху вниз) (рис. 1): ИГЭ-1 – насыпной грунт (неслежавшийся суглинок с супесью и строительным мусором); ИГЭ-2 – непросадочный туго- и мягкопластичный лессовый суглинок; ИГЭ-3 – непросадочный текучепластичный лессовый суглинок; ИГЭ-4 – туго- и мягкопластичный суглинок; ИГЭ-5 – твердая и полутвердая пестроцветная глина; ИГЭ-6 – глинистый полимиктовый песок.

Для площадки строительства характерен высокий уровень грунтовых (ненапорных) вод.

Строительство объекта было начато за 5 лет до начала основного строительства с возведения ограждения котлована (глубиной 9,0 м) из двух рядов буроинъекционных свай диаметром 450 мм с шагом 1,0 м. Подпорная стена котлована была устроена вдоль улиц. Непосредственно к котловану примыкает 10-этажный крупнопанельный жилой дом, возведенный на забивных сваях.

Недостатком построенного ограждения оказалось отсутствие монолитного обвязочного железобетонного пояса по верху буроинъекционных свай. Это выявилось лишь при отрывке котлована. Ряд свай ограждения со стороны примыкающего здания наклонился в сторону котлована (максимальное горизонтальное перемещение достигло 55 мм). В результате создавшейся ситуации на наружных стенах жилого дома возникли деформационные трещины. При этом установленные гипсовые маяки разорвались и продолжали рваться.

Созданная в связи с этим чрезвычайная комиссия поручила головной проектной организации срочно разработать противоаварийные мероприятия для стабилизации деформаций как возведенной подпорной стены, так и примыкающего здания. В качестве таких мер была разработана схема усиления подпорной стены в виде распорных конструкций из труб диаметром 1 000 мм, расположенных на двух уровнях во взаимно перпендикулярных

направлениях (рис. 2). Эти мероприятия позволили стабилизировать ситуацию. Гипсовые маяки на жилом доме перестали рваться, горизонтальные перемещения подпорной стены были приостановлены. При этом геотехнический мониторинг продолжался.

При проектной глубине котлована 9,0 м распорные крепления были размещены на глубине 4,5–6,5 м. Поэтому во избежание негативных последствий для примыкающего жилого дома при дальнейшей откопке котлована был разработан проект устройства монолитных железобетонных контрфорсов на дополнительных буроинъекционных сваях ЭРТ диаметром 0,35 м и длиной от 12 до 19 м в зависимости от инженерно-геологических условий в той или иной части строительной площадки. Работы по устройству свай ЭРТ приходилось вести в очень сложных условиях между трубами, а удаление грунта из котлована производилось только вручную.

Для обеспечения безопасной эксплуатации подпорной стены при строительстве нулевого цикла, а также для создания условий для демонтажа стальных труб распорных конструкций был разработан алгоритм устройства контрфорсов.

Выполнение работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и жилого дома не было обнаружено.

Устройство буроинъекционных свай-ЭРТ [1–4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] под фундаменты контрфорсов, контрфорсы, а также сами ростверки производились одной подрядной организацией. При этом мониторинг горизонтальных перемещений подпорной стены и деформаций осадочных марок жилого дома проводился ежедневно, благодаря чему на данном участке не было нарушений в технологической цепочке «бурение – бетонирование – электрогидравлическая обработка стенок и пяты скважины – монтаж армокаркасов».

Обязательными этапами, подтвердившими соответствие проекту запроектированных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов, были:

- 1) испытания на прочность заранее изготовленных кубиков мелкозернистого бетона, предназначенного для изготовления свай, согласно алгоритму приведенному выше;
- 2) испытания статической нагрузкой опытных свай ЭРТ.

На испытательном полигоне (в пределах участка изготовления контрфорсов) были выполнены два свайных куста по электроразрядной технологии. В одном из них сваи были изготовлены без уширений, а в другом – с множественными уширениями (вертикальную привязку свай см. на рис. 1). Результаты испытаний несущей способности свай-ЭРТ с помощью статической нагрузки приведены на рис. 3.

По мере удаления распорных конструкций освободилась значительная часть площади котлована для устройства свайного поля.

В связи с сокращением инвестором сроков возведения здания заказчик решил увеличить скорость возведения нулевой части, разделив устройство буроинъекционных свай ЭРТ на этапы. При этом одна строительная организация подрядилась выполнить буровые работы, другая – бетонирование мелкозернистым бетоном, третья – электрогидравлическую обработку стенок и пяты скважины, четвертая – изготовление и погружение армокаркасов в готовые скважины, заполненные мелкозернистым бетоном и обработанные по электроразрядной технологии.

Соответственно, качество выполнения работ на разных этапах контролировалось разными подрядными организациями и как результат резко повысилась вероятность его снижения. Результаты испытаний свай на статическую нагрузку подтвердили эти опасения (табл. 1). Для более чем 50% испытанных свай не была достигнута проектная несущая способность. Основной причиной этого оказалась низкая прочность мелкозернистого бетона вследствие отсутствия должного надзора за ее набором. Следует отметить, что одна из подрядных организаций, ответственная за бетонирование свай, использовала бетонно-смесительную установку РМ-750, которая при больших оборотах насыщает бетон воздухом,

что и привело к недобору проектных значений прочности. В то же время подбор состава БСМ был произведен правильно.

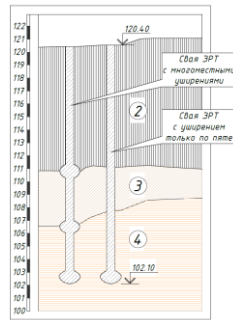


Рисунок 1. Инженерно-геологический разрез испытательного полигона и свай, выполненных по электроразрядной технологии, с многоступенчатыми уширениями (слева) и только с уширенной пятой (справа). Вертикальная слева ось - высотные отметки, м.



Рисунок 2. Фрагменты выполненных контрфорсов.

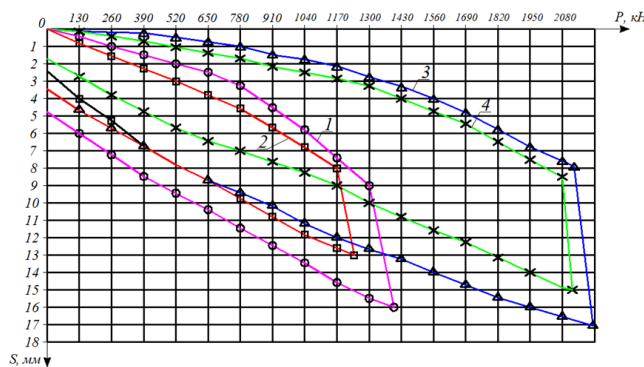


Рисунок 3. Графики результатов испытаний статической нагрузкой буроналивных свай ЭРТ: 1, 2 - только с уширенной пятой; 3, 4 - с многоступенчатыми уширениями. Буквенные обозначения: P – нагрузка на сваю; S – вертикальное перемещение сваи.

Таблица 1

Результаты испытаний свай ЭРТ на статическую нагрузку.

№ сваи	Несущая способность $F_{д}$, кН	Расчетная нагрузка, N, кН	Прочность бетона тела сваи, кПа	Причина недостаточной несущей способности сваи
789	62,8	52,3	60	низкая прочность бетона
710	75,9	63,3	65	
579	95,0	79,1	78	
822	251,2	209,1	1 200	срыв сваи
728	565,2	471,0	2 500	
767	376,8	314,0	2 600	
803	251,2	209,3	1 300	

Для обеспечения проектной несущей способности ростверков с бракованными сваями принято решено дополнить их сваями с множественными уширениями. Было перепроектировано все свайное поле (и все ростверки) с учетом результатов испытаний опытных свай на их несущую способность. Благодаря этому удалось обеспечить проектную несущую способность всего фундамента здания в целом.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что из-за выполнения разных этапов работ по устройству свай-ЭРТ четырьмя подрядными организациями не был обеспечен необходимый поэтапный контроль их качества и для исправления негативных последствий были потрачены дополнительные материальные средства. Для обеспечения надежной эксплуатации возводимых сооружений заказчики и подрядные организации на должны допускать возникновения подобных ситуаций.

1. Патент РФ № 2250958. Устройство для изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Заявл. 14.07.2003. Оpubл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
2. Патент РФ № 2250957. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Заявл. 14.07.2003. Оpubл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
3. Патент РФ № 2282936. Генератор импульсных токов / Н.С. Соколов, Ю.П. Пичугин. Заявл. 4.02.2005. Оpubл. 27.08.2006. Бюл. № 24.
4. Патент РФ №2318960. Способ возведения набивной сваи / Н.С. Соколов. Заявл. 26.12.2005 г. Оpubл. 10.03.2008. Бюл. №7.
5. Патент РФ №2318961. Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов. Заявл. 10.07.2007 г. Оpubл. 10.03.2008. Бюл. №7.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буронабивных свай-ЭРТ // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 1. С. 10-13.
7. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буронабивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 407-411.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буронабивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 415-420.
10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. С. 60-65.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буронабивных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. С. 28-32.
12. Патент РФ на полезную модель № 161650. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 16.03.2015. Оpubл. 27.04.2016. БЮЛ. №2.
13. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буронабивных свай с множественными уширениями // Геотехника. 2016. № 3. С. 4-8.
14. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2016. №9 С. 11-15.

Соколов Н.С.

Опыт устройства ограждения котлована в особо стесненных условиях

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-670

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При дополнительных увеличенных внешних нагрузках на существующие удерживающие конструкции использование

традиционных технологий обеспечения их устойчивости не всегда оправдано. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Часты случаи использования существующих удерживающих железобетонных конструкций под новые дополнительные нагрузки от вновь возводимых объектов. В таких случаях использование буринъекционных свай ЭРТ ложные геотехнические проблемы усиления перегруженных оснований [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Ключевые слова: геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буринъекционная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ.

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations has been relevant in the modern geotechnical construction. When the existing supporting structures are subject to high external loads, it is not always justified to use conventional stability technologies. It is frequently required to use off-standard methods to reinforce foundations. It is not uncommon that the existing supporting reinforced concrete structures are used to take additional loads exerted by newly erected buildings. In these cases, the use of EDT continuous flight augers can solve complicated geotechnical issues related with reinforcement of overloaded foundations [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Keywords: geotechnical construction, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, EDT ground anchors.

В административном отношении участок изысканий расположен в г. Нижний Новгород. В геоморфологическом отношении участок изысканий расположен на водораздельном плато рек Оки и Волги. Отметки поверхности земли в пределах участка изменяются от 135.9 до 136.3 Б.С. (по устьям инженерно-геологических выработок). Рельеф спланированный.

Инженерно-геологическое строение участка до глубины 20.0 м представлено нерасчлененными верхне-среднечетвертичными лессовыми супесями (prQII-III), вскрытой мощностью 1.7-2.5 м, нерасчлененными верхне-среднечетвертичными лессовыми суглинками (prQII-III), мощностью 14.5-16.6 м, с поверхности отложения перекрыты насыпным грунтом (tQIV), мощностью 1.7-3.0 м.

Все инженерно-геологические выработки нанесены на план расположения инженерно-геологических выработок. Геолого-литологическое строение участка характеризуется колонками скважин и инженерно-геологическими разрезами. **Гидрогеологические условия** участка до глубины 20.0 м на момент проведения изысканий (июль-август 2017 г.) характеризуются наличием водоносного горизонта, приуроченного к четвертичным отложениям. Уровень подземных вод зафиксирован на глубинах 4.5-6.4 м. Водоносный горизонт безнапорный, водовмещающими грунтами являются лессовые суглинки. Водоупор скважинами не вскрыт. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникация.

Геолого-литологическое строение участка представлено в таблице 1.

Таблица 1

Инженерно-геологическое строение строительной площадки.

№ слоя	Возраст, генезис, описание грунтов, площадное распространение	Мощность, м
<i>Современные пролювиально-делювиальные отложения (pdQIV)</i>		
1	<i>tQIV – насыпной грунт: песок коричневый пылеватый, с включением щебня, строительного мусора, арматуры; кирпич; суглинок с включением песка, кирпича, щебня, строительного мусора; супесь темно коричневая, с включением строительного мусора с примесью торфа. Вскрыт всеми скважинами с поверхности.</i>	1.7-3.0
<i>Нерасчлененные средне-верхнечетвертичные отложения (prQII- III)</i>		
2	<i>prQII-III – суглинок лессовый коричневый, темно-коричневый, с прослоями супеси. Вскрыт всеми скважинами в средней части разреза.</i>	14.5-16.6
3	<i>prQII-III – супесь лессовая коричневая, с прослоями суглинка. Вскрыт всеми скважинами</i>	Вскрытая 1.7-2.5

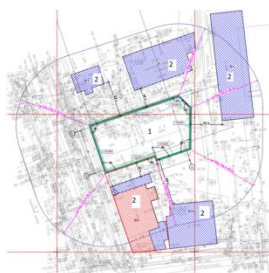


Рисунок 1. Границы зоны геотехнического влияния.

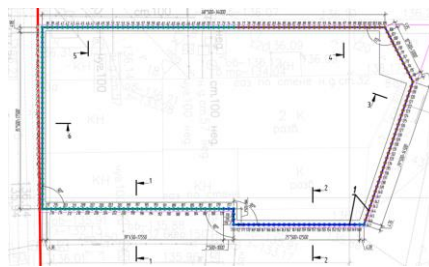


Рисунок 2. План расположения буринъекционных свай ЭРТ ограждения котлована.

Ниже в табл. 2 приводится алгоритм устройства буринъекционных анкеров ЭРТ

Таблица 2

1. УСЛОВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ
<p><i>В ходе устройства подпорной стенки строго соблюдать этапность разработки грунта.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнить установку шпунтового ограждения в проектное положение. 2. Грунтовые анкеры выполняются после 1 этапа разработки грунта. 3. Преднатяжение грунтовых анкеров производится в соответствии с ВСН 506-88. 4. Параллельно с устройством грунтовых анкеров и их преднатяжению производится монтаж деревянной забирки. 5. Второй этап разработки предусматривает выемку грунта до отметки дна котлована. 6. Приступать к разработке грунта следует только при соответствии прочностных требований возведенной конструкции требованиям настоящего проекта. 7. В процессе эксплуатации грунтовых анкеров не допускается динамических, вибрационных воздействий на них до засыпки пазух котлована. 8. После разработки котлована выполнить устройство дренажной канавы, заполненной фильтрующим материалом (щебнем, гравием) в соответствии с СП 45.13330.2017. Подземные воды отводят в зумпфы, оборудованные погружными насосами.
2. КОНСТРУИРОВАНИЕ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Конструкции анкерного крепления: грунтовые анкера ЭРСТ, детали для крепления опоры грунтового анкера. 2. Расчетная нагрузка на анкер R_w (табл. 1). 3. Свободная длина грунтового анкера обусловлена призмой обрушения стенки котлована, форма которой определена расчетом общей устойчивости конструкции методом логарифмических спиралей. 4. Принятая маркировка грунтовых анкеров: АГ 15/8 (полная длина анкера 15м, длина корня 8м). 5. Буровой диаметр для грунтовых анкеров - 150 мм, выполняются под углом 30 град. к горизонту. 6. Срок эксплуатации временного анкерного крепления в соответствии с принятой расчетной схемой не более 2-х лет.

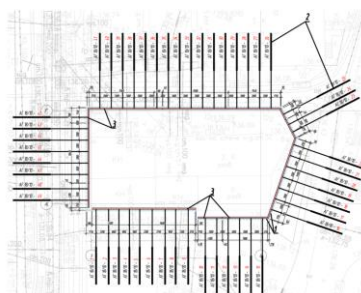


Рисунок 3. Схема размещения грунтовых анкеров ЭРТ ограждения котлована: 1 - буронабивные сваи ЭРТ; 2 - грунтовые анкера ЭРТ первого уровня; 3 - монолитный железобетонный обвязочный пояс.

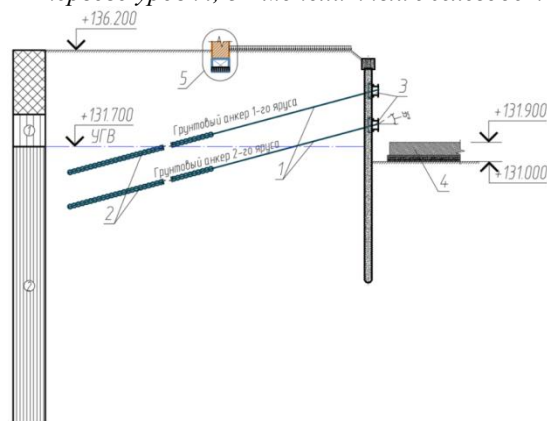


Рисунок 4. Характерный разрез ограждения котлована: 1, 2 - грунтовые анкера ЭРТ первого и второго уровней; 3 - стальные анкерные пояса; 4 – монолитный плитный фундамент строящегося 6 этажного объекта; 5 - фундамент одного из зданий существующей застройки.

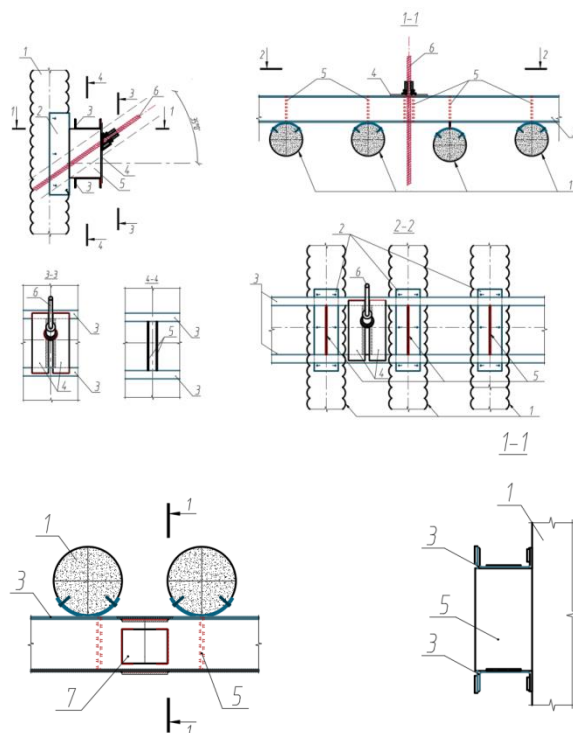


Рисунок 5. Схема узла крепления грунтовых анкеров к обвязочному поясу: 1-буронабивная свая ЭРТ; 2-упор анкерного пояса; 3-анкерный пояс из стальных профилей; 4-стальная пластинка; 5-ребра жесткости анкерного пояса; 6-стержень из высокопрочной арматуры анкерного пояса; 7-узел крепления стыка анкерного пояса.

3. КОНСТРУКЦИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

1. Для грунтовых анкеров применять цементные растворы с водоцементным отношением (по массе) $B: Ц=0,5:1$.
2. Для цементных растворов использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500.
3. Не допускается применение пуццолановых, глиноземистых и шлаковых портландцементов.
4. Вода для цементных растворов водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4,0 до 12,5.
5. В качестве анкерной тяги используется стержневая арматура диаметром 36мм класса А500С (в пластмассовой оболочке диаметром не менее 63мм) и винтовая арматура диаметром 25мм класса А800.
6. Для центрирования в скважине по всей длине тяги предусмотрены фиксаторы (шаг не более 2,0 м) из отрезков пластиковых труб с продольными разрезами по периметру.
7. Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.

8. Ручная дуговая сварка элементов анкерного каркаса осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.
9. Распределительный пояс предусмотрен из двух швеллеров №27 С245.
10. Детали для крепления опоры грунтового анкера за опорную пластину (плиту): сферическая, коническая, косая шайбы, гайка стопорная (Ст45).

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГРУНТОВОГО АНКЕРА

1. Технологическая последовательность изготовления анкеров включает следующие операции:
 - Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением.
 - Заполнение до устья скважины цементным раствором.
 - Электроразрядная обработка скважины на уровне корня.
 - Установка анкерного каркаса в проектное положение.
2. При устройстве анкеров последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 3,5 м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными анкерами допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних.
3. Несущая способность каждого анкера должна проверяться до включения его в работу совместно с закрепляемой конструкцией путем проведения контрольных или приемочных испытаний на максимальную испытательную нагрузку.
4. До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранной зоны, устанавливаемой в соответствии с п.6.1.21 СП 45.13330.2017.

5. ФОРМИРОВАНИЕ СКВАЖИНЫ БУРЕНИЕМ

1. Бурение шнековое, выполнять в соответствии с проектом производства работ.
2. Установка для бурения УБГ-СГ "БЕРКУТ".
3. Бурение скважин выполняется с рабочих отметок, указанных в проекте.
4. Для разворота буровых машин и возможности установки анкерных каркасов ширина грунтовой бермы должна составлять не менее 15 м.
5. В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине. 6. Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта.
7. Цементация скважин должна производиться сразу после окончания бурения. При невозможности цементации в указанный срок бурение скважин начинать не следует.

6. ЦЕМЕНТАЦИЯ СКВАЖИНЫ ГРУНТОВОГО АНКЕРА

1. Заполнение скважины производится до устья через бетонолитную колонну диаметром не менее 40 мм, опускаемую до забоя. После достижения забоя, скважина должна быть промыта цементным раствором. Промывка цементным раствором продолжается до прекращения всплывания частиц грунта.
2. Приготовление цементного раствора производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи раствора применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). Давление нагнетания 0,5-5,0 МПа.
3. Следует контролировать объем закачиваемого в скважину цементного раствора, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанного в скважину раствора должен превышать объем выбуренного грунта.

7. ПРОГРАММА ЭЛЕКТРО-РАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИНЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ ЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ

1. Мощность накапливаемой энергии не менее 50кДж.
2. Длина кабеля от ГИТ до электродной системы не более 80 м, включая длину анкера (высоковольтный кабель ТИП-2 - 50 м, высоковольтный кабель КВИМ - 30 м).
3. Обработка электрическими разрядами производится на длине корня анкера сериями не менее 13 разрядов на каждом уровне. Шаг уровней от 0,8-0,9 м. Расчетное увеличение бурового диаметра (150 мм) довести до 200 мм, для этого следует контролировать уровень раствора в скважине до начала обработки одного уровня и после завершения обработки.
4. Осуществлять контроль за тем, чтобы общий объем поданного в скважину раствора, включая доливку, превышал объем пройденной скважины (объем грунта, извлеченного из данной скважины).
5. По результатам контроля падения уровня цементного раствора в опытной скважине или объема добавляемого раствора и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента откорректировать программу обработки корня анкеров электрическими разрядами.

8. МОНТАЖ АНКЕРНОГО КАРКАСА

1. Опускать анкерный каркас в скважину следует плавно, без рывков.
2. Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане.
3. Каркас перед установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.

9. ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА

1. За три дня до производства бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0 °С, предусматривать в цементные растворы противоморозные добавки.
2. Цементный раствор с противоморозными добавками при укладке должен иметь температуру не ниже +10 °С.
3. При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должно вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения раствором необходимой прочности.
4. Для снижения теплопотерь в процессе твердения бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена.
5. Не допускается перегрев цементного раствора (нагрев более 70 °С).
6. Допускается не применять противоморозные добавки в цементных растворах, заполняемых в скважины ниже глубины сезонного промерзания грунта.
7. После окончания работ и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи раствора промыть горячей водой, продуть сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой.
8. Для исключения промораживания грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха.
9. При температуре ниже -20 °С работы по изготовлению грунтовых анкеров должны быть остановлены.

10. ПОРЯДОК НАТЯЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

1. До начала работ должны быть установлены все элементы анкерного крепления на планируемой для натяжения захватке.
2. Косые шайбы должны быть приварены к опорным пластинам (плитам) стального распределительного пояса.
3. Прочность цементного камня корня анкера должна быть не менее 20МПа. Для контроля набора прочности в процессе изготовления анкеров должны быть отобраны 9 кубиков 10х10х10см, которые испытываются в возрасте 3,7 (для внутреннего пользования) и 10 суток (для отчета).
4. Контрольные испытания проводят, если они не назначены, на каждом десятом анкере, начиная с нагрузки $P_0=0,2*P_u$. Испытательная нагрузка $P_u=1,2*P_w$ (согласно ВСН 506-88).

11. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

1. Изготовление грунтовых анкеров должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет.
2. При изготовлении следует освидетельствовать:
 - плано-высотную привязку свай ограждения котлована;
 - диаметр и глубину скважин на соответствие проекту;
 - вид грунта в основании анкера и его соответствие учтенному проектом (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании);
 - уплотнение грунта в основании сваи ЭРТ, разрушенного буровым инструментом;
 - соответствие анкерного каркаса проекту (длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узлы соединения стержней) и глубину погружения каркаса в скважину;
 - качество приготовляемого цементного раствора (расход материалов);
 - затруднения при погружении анкерного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки - свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола корня);
 - погружение электродной системы;
 - расход цементного раствора, используемого при производстве анкеров ЭРТ;
3. Контроль прочности осуществлять по ГОСТ 18105-2010 и ГОСТ 10180-2012 путем отбора проб цементного раствора на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.4.3.2 ГОСТ 10180-2012.
4. Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в СП 48.13330.2019, должны составляться на заверенный процесс (анкер), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены.
5. Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на заверенные технологические процессы по изготовлению анкеров ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика.
6. Геотехнические работы производить в соответствии со СП 45.13330.2017, СП 72.13330.2016, СП 70.13330.2012, СП 48.13330.2019, СП 49.13330.2010, СНиП 12-04-2002, ТР 50-180-06, ППР.



Рисунок 6а. Фрагмент плана ограждения котлована: 1-бурионъекционные сваи ЭРТ; 2-грунтовые анкера ЭРТ; 3-анкерный обвязочный пояс; 4-монолитный железобетонный обвязочный пояс.



Рисунок 6б. Фрагмент плана ограждения котлована: 1-бурионъекционные сваи ЭРТ; 2-грунтовые анкера ЭРТ; 3-анкерный обвязочный пояс; 4-монолитный железобетонный обвязочный пояс.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Ilichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Experience of development of russian megacities underground space. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
3. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
4. Ilichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
5. Ilichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros. of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.

7. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
8. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, 2003.
9. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure. Key Enginiring Materials. 2018, pp. 76–81.
10. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction. Key Enginiring Materials. 2018, pp. 70–74.
11. Соколов Н.С. Электроразрядная технология усиления основания фундаментов // Жилищное строительство. №9. Стр. 36-42.
12. Соколов Н.С. Один из случаев усиления основания деформированной противопопзневой подпорной стены /Жилищное строительство. 2021. №12.
13. Соколов Н.С. Технологические аспекты увеличения надежности существующих подпорных стен /Жилищное строительство. 2022. №№ 1-2.
14. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
15. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.
16. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
17. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
18. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буринъекционных свай ЭРТ. Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. 12.

Соколов Н.С.

Усиление слабых оснований в связи с увеличением расчетных нагрузок на основание существующих фундаментов

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-671

Аннотация

Одним из главных направлений геотехнического строительства является реконструкция объектов. Такой вид строительства в большинстве случаев связан с необходимостью усиления оснований фундаментов. При этом должен быть соблюден принцип «технической целесообразности и экономической эффективности» при выборе типа геотехнической технологии. В статье рассмотрено несколько геотехнических технологий усиления оснований. Рассмотрен принцип отбора технически целесообразного и экономически эффективного типа.

Ключевые слова: несущая способность, геотехническая технология, буринъекционная свая, грунтбетонная свая.

Abstract

One of the main areas of geotechnical construction is reconstruction. This type of construction is mostly related with the need to improve foundations. The principle of feasibility and economic efficiency must be met when selecting the type of geotechnical technology. The article considers several geotechnical technologies to improve foundations. The principle of selecting a feasible and economically efficient type is considered.

Keywords: load-bearing capacity, geotechnical technology, continuous flight auger, soil-cement pile.

Реконструкция объектов, как правило, предусматривает увеличение нагрузок на фундаменты и в связи с этим она связана с использованием заглубленных железобетонных конструкций их устройство предполагается выполнить в стесненных условиях [1÷7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. В связи с этим из ряда современных геотехнических технологий отбирается наиболее приемлемая к конкретным инженерно - геологическим условиям по критериям технической целесообразности и экономической эффективности. В этой статье для сравнения рассмотрены три наиболее приспособленные к целям реконструкции геотехнические технологии это:

- 1) *геотехническая технология устройства* буроинъекционных свай без уплотнения грунта буровой скважины;
- 2) *геотехническая электроразрядная технология* устройства буроинъекционных свай (*ЭРТ технология*);
- 3) *геотехническая технология устройства* грунтоцементных свай (*Get-технология*).

По данным материалов в инженерно-геологическом разрезе участка глубины 55,0 м, выделяются следующие комплексы отложений (в направлении сверху вниз): - современные техногенные отложения (tQ_{IV}); - аллювиально-флювиогляциальные отложения 3-й надпойменной террасы реки Москвы (af_3Q_{II}); - флювиогляциальные отложения (fQ_{Ist-d}); - отложения верхнего отдела юрской системы (j_3); - отложения верхнего отдела каменноугольной системы (C_3).

Современные техногенные образования (tQ_{IV}) были широко распространены по периметру реконструируемого здания. Залегали с поверхности под асфальтовым покрытием. Они представлены насыпными грунтами: песками серо-коричневыми, средней крупности, прослоями мелкими, неоднородными, глинистыми, влажными, с линзами супесей и опесчаненных суглинков, со строительным мусором (щебень, битый кирпич, шлак) до 20%. Мощность техногенных образований составляла 3,2-5,2 м. Среднечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения были вскрыты при изысканиях прошлых лет, при изысканиях в 2004 г. Они отсутствовали – выбраны при открытии котлована реконструируемого здания и замещены насыпными грунтами по его периметру. Отложения были представлены песками серыми, желтовато-серыми, мелкими, с включениями гравия, гальки и щебня, с частыми прослоями суглинков тугопластичных, опесчаненных, влажными, средней плотности.

Нижеперечисленные водно – и озерно-ледниковые отложения сетуньско-донского горизонта (fQ_{Ist-d}) были вскрыты под техногенными отложениями. Отложения были представлены: - песками серыми, средней крупности, с включением гальки и гравия, водонасыщенными, средней плотности; - супесями коричневатого-серыми, желтовато-серыми, пластичными, прослоями песками пылеватыми. Общая мощность отложений 6,6-9,3 м.

Отложения оксфордского яруса верхнего отдела юрской – системы (J_3ox) были вскрыты под водно- и озерно-ледниковыми отложениями сетуньско-донского горизонта на глубине 12,3-14,6 м. Представлены глинами серовато-черными, твердыми, прослоями полутвердыми, слюдистыми, с обломками фауны. Мощность отложений -6,2-10,1 м.

Отложения измайловской пачки касимовского яруса верхнего отдела каменноугольной системы (G_3izm) вскрывались под юрскими, глинами на глубине 19,5-23,0 м. Измайловские отложения были представлены известняками серыми, желтовато-серыми, кавернозными, трещиноватыми, средней прочности, слоями прочными, водоносными, с прослоями пестроцветных, мергелистых глин и мергелей, прослоями доломитизированными. Мощность отложений измайловской пачки достигала 13,3 м.

Результаты исследований физико-механических свойств грунтов приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения физико-механических свойств грунтов.

Стратиграфический индекс	Номер ИЭ	Краткая характеристика грунтов	Нормативные характеристики									Расчетные характеристики			Расчетные характеристики		
			Плотность грунта, г/см ³	Плотность частиц, г/см ⁴	Влажность, д.е	Коэффициент пористости, e	Показатель текучести, I _L	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	R _{сж} , МПа	При доверительной вероятности 0,85			При доверительной вероятности 0,95		
												Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
tQ _{IV}	1	Техногенный грунт	Расчетное сопротивление R ₀ =150кПа														
fQ _{st-d}	2	Супеси пылеватые, пластичные	2,0 2	2,6 9	0,22 1	0,6 3	0,52	1 6	0,01 9	1 7		2,0 1	1 5	0,01 8	2,0 0	1 5	0,01 8
	3	Пески средней крупности, водонасыщенные, средней плотности	2,0 0	2,6 5	0,14 7	0,6 5	-	3 9	0,00 1	2 8		1,9 8	3 3	0,00 1	1,9 6	3 2	0,00
I _{3ox}	4	Глины твердые	1,7 9	2,7 4	0,38 1	1,1 0	- 0,07 4	1 7	0,06 9	1 9		1,7 8	1 6	0,06 7	1,7 8	1 6	0,06 5
G _{3iz} m	5	Известняк средней прочности, прослоями прочный, с окремнениями	2,3 4	-	0,07 0	-	-	-	-	-	3 4	2,2 9	-	-	2,2 8	-	-

Расчет несущей способности F_d сваи без уширения производится в соответствии с СП 24.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».

$$F_d = \gamma_c(\gamma_{cR} R A + u \sum(\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1 и 1.3 для электроразрядной технологии; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2021 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»; A - площадь опирания сваи на грунт, м; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.3 СП 24.13330.2021 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»; h_i – толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} , γ_{cR} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.4 СП 24.13330.2021 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».

Технология изготовления свай ЭРТ с множественными уширениями позволяет [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] значительно повысить несущую способность свай F_d , которую следует рассчитывать с помощью следующей формулы получаемой после преобразования формулы (1) [10]:

$$F_d = \gamma_c(\gamma_{cR} R A + \gamma_{cR} \sum_i^n R_{j, \text{бок}} A_{j, \text{бок}} + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (2)$$

где n – количество уширений; $R_{j, \text{бок}}$ – расчетное сопротивление грунта под j -м уширением; $A_{j, \text{бок}}$ – площадь опирания j -го уширения, рассчитываемая по формуле:

$$A_{j, \text{бок}} = \pi(D_c \times k_{\text{уш}})^2 / 4 - \pi D_c^2 / 4, \quad (3)$$

Где D_c – диаметр скважины; $k_{\text{уш}}$ – коэффициент уширения, принимаемый по табл.2 TP50-180-06 «Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности» (Москва, 2006).

При устройстве уширения по пяте свай площадь ее опирания составит:

$$A = \pi \times (D_c \times k_{\text{уш}})^2 / 4. \quad (4)$$

Таблица 2

Несущая способность заглубленных конструкций.

№ п/п	Тип заглубленной железобетонной конструкции	Диаметр, мм	Несущая способность, F_d , кН	Расчетная нагрузка, кН	Количество свай под усиленным фундаментом
1	Буроинъекционная свая без уплотнения стенок скважины	Ø350	896,0	704,0	15,0
2	Буроинъекционная свая ЭРТ	Ø350	1340,0	957,0	11,0
3	Буроинъекционная свая ЭРТ с одним уширением	Ø350	1787,0	1276,0	8,0
4	Буроинъекционная свая ЭРТ с двумя уширениями	Ø350	2022,0	1444,0	7,0
5	Буроинъекционная свая ЭРТ с тремя уширениями	Ø350	2302,0	1644,0	6,0
6	Грунтобетонная свая	Ø600	2157,0	1541,0	7,0
7	Грунтобетонная свая	Ø700	2680	1910,0	5,0

Таблица 3

Технико-экономические показатели заглубленных конструкций.

№ п/п	Тип заглубленной железобетонной конструкции	Количество свай, шт	Длина свай, п/м	Общий погонаж, п/м	Стоимость погонного метра свай, руб.	Общая стоимость, млн. руб.
1	Буроинъекционная свая без уплотнения стенок скважины	15,0	16,0	240,0	4000-6000	9,6-14,4
2	Буроинъекционная свая ЭРТ	11,0	16,0	176,0	4000-6000	7,0-10,6
3	Буроинъекционная свая ЭРТ с одним уширением	8,0	16,0	128,0	4000-6000	5,1-7,7
4	Буроинъекционная свая ЭРТ с двумя	7,0	16,0	112,0	4000-6000	4,5-6,7

	<i>уширениями</i>					
5	<i>Буроинъекционная свая ЭРТ с тремя уширениями</i>	6,0	16,0	96,0	4000-6000	3,8-5,8
6	<i>Грунтобетонная свая</i>	7,0	16,0	112,0	9000-11000	10,1-13,8
7	<i>Грунтобетонная свая</i>	5,0	16,0	90,0	9000-11000	8,1-9,9

В табл.№ №2,3 приведены технико-экономические расчеты буровых свай.

Выводы:

1. По результатам технико-экономических расчетов для целей усиления слабого основания перегруженного фундамента наиболее оптимальным является использование буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями.
2. Использование грунтобетонных свай (грунтоцементная свая армированная свай ЭРТ) также возможно для усиления оснований фундаментов. При этом ее стоимость оказывается дешевле буроинъекционной сваи без уплотнения грунта стенок скважины.

По результатам определений несущей способности по грунту заглубленных железобетонных конструкций можно предложить следующий алгоритм выбора технически обоснованного и экономически целесообразного типа геотехнической технологии при увеличении нагрузок на фундаменты:

1. Определяется количество свай усиления под несущей конструкцией (или на 1 пог. метр ленточного фундамента или на столбчатый фундамент, или на фундаментную ж/б плиту);
2. Определяется стоимость выполнения буровых свай;
3. Определяются сроки изготовления единицы заглубленной конструкции;
4. Статическими испытаниями определяется фактическая несущая способность свай и сопоставляется с расчетными величинами.
5. Уточняется количество буровых свай на единицу фундамента.

1. Богов, С.Г. Опыт применения струйной технологии для закрепления слабых грунтов при реконструкции здания по ул. Почтамтская в г. Санкт-Петербурге / С.Г. Богов. С. С. Зуев // Сборник трудов научно-технической конференции СПбГАСУ. - СПб., 2010. - С. 80-86.
2. Ван Импе, В.Ф. Фундаменты глубокого заложения: тенденции и перспективы развития // Реконструкция городов и геотехническое строительство. № 9. - СПб., 2005. - С. 7-33.
3. Василюк, Л.В. Вибропогружение шпунта вблизи существующих зданий в грунтовых условиях Санкт-Петербурга // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн. -техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб, 2017. - С. 307-316.
4. Гаврилов, А.Н. Комплекс изыскательских и исследовательских работ для проектирования нового строительства в условиях плотной городской застройки / А.Н. Гаврилов, Е.М. Грязнова, Р.Р. Старков // Основания, фундаменты и механика грунтов. № 6. - М., 2006. - С. 10-13.
5. Гурский, А. В. Учет влияния вдавливания шпунта на дополнительную осадку соседних зданий: канд. дис. СПб., 2016. - 133 с.
6. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник для вузов - М.: Стройиздат, 1981. - 319 с.
7. Дьяконов, И.П. Оценка несущей способности буронабивных свай с негабаритным наконечником // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн. -техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 316-322.
8. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15 (2017) 4, 482. p. 518-523.

9. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронаблюдательных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
10. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
11. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
12. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
13. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.
14. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity// 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. Database Web of Science.
15. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
16. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them // Log in database Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.1-11.
17. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
18. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буронаблюдательных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017.№ 11. С. 20-25.
19. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буронаблюдательных свай с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2016.№10. С. 54.

Соколов Н.С.

Электроразрядная технология усиления оснований

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-672

Аннотация

Проблема повышения несущей способности основания всегда является актуальной проблемой в современном геотехническом строительстве. При существенных внешних нагрузках, передаваемых на основание использование традиционных технологий не всегда оправданно. Часто возникает настоятельная необходимость применения нестандартных способов усиления оснований. Во многих случаях геотехническая ситуация усугубляется наличием в инженерно-геологических разрезах слабых подстилающих слоев с неустойчивыми физико-механическими характеристиками. При усилении таких оснований с помощью традиционных свай последние могут получить негативное трение, существенно уменьшающее их несущую способность по грунту, достигающие иногда до нулевых значений. Это может привести к дополнительным осадкам возводимого и возведенных в зоне геотехнического влияния объектов. Использование свай ЭРТ в большинстве случаев успешно решает многие сложные геотехнические проблемы.

Ключевые слова: геотехническое строительство, грунтобетонная свая, электроразрядная технология ЭРТ, буронаблюдательная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ, промежуточные уширения (подпятники), «уходы».

Abstract

Improving the load-bearing capacity of foundations has been relevant in the modern geotechnical construction. In case of low external loads transmitted to the foundations, conventional technologies are not always justified. It is frequently required to use off-standard methods to reinforce foundations. In many cases, the geotechnical situation is aggravated by weak subsoil having unstable physical and mechanical characteristics present in soil sections. When such foundations are reinforced using conventional piles, they may be subject to negative friction greatly

reducing their load-bearing capacity of soil sometimes reaching zero levels. This may result in additional subsidence of buildings erected in the geotechnical affect zone. Using EDT piles can successfully address many complicated geotechnical problems.

Keywords: geotechnical construction, cement-bound pile, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, EDT ground anchors, intermediate widenings (thrust plates), drifts.

Электроразрядная технология, обладая рядом технических и технологических преимуществ [1-29] широко используется в геотехнической практике устройства буроинъекционных свай ЭРТ в свайных полях, свай усиления оснований и фундаментов, закрепления оснований фундаментов, склонов, при устройстве нагелей и т.д. Технологическим преимуществом ее является взрывообразное преобразование электрической энергии в механическую при достижении ударной волны с шириной переднего фронта порядка 10^{-9} м со скоростью подъема давления до 10^{18} Па/с. Электрогидравлический удар на грунт стенок буровой скважины, заполненной мелкозернистым бетоном, намного превышает статическую нагрузку на него. В результате воздействия таких высоких давлений и температур в грунте зарождается полость и за счет сил гравитации мгновенно заполняется мелкозернистым бетоном. Тем самым возникает уширение на конкретном участке по высоте свай ЭРТ. Это уширение далее назовем "подпятником" [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]. Таким образом возникшая дополнительная опора начинает статически работать совместно со свай по нижней поверхности уширения, увеличивая ее несущую способность по грунту. Геометрические параметры формы уширения в первом приближении можно принять за сферу. Параметры сферы такие, например, как диаметр d и ее высота h зависят от энергии электрогидравлического удара, пористости, влажности и вида обрабатываемого грунта. Диаметр уширения d возможно определить по величине максимального понижения уровня мелкозернистого бетона в скважине, как говорят геотехники по "уходам". Следует конечно отметить, что величины «уходов» во время электрогидравлической обработки (именно поэтому при устройстве свай ЭРТ уровень мелкозернистого бетона всегда следует держать на отметке поверхности земли) и с течением времени существенно разнятся. "Уходы" во времени от начала бетонирования до начала твердения бетона могут составить от нескольких сантиметров до нескольких метров. Прежде всего такие большие понижения связаны со спецификой грунта как пористого структурного материала. Эти вертикальные перемещения мелкозернистого бетона дополнительно увеличиваются за счет электроосмотического всасывания цементного молока в структуру грунта [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Следует предположить, что при максимальных объемах всасывания цементного молока в поры грунта, несущая способность свай ЭРТ повысилась бы многократно благодаря задействованию прочностных характеристик массива грунта, таких как удельное сцепление и угол внутреннего трения, в совместную работу со свайей. Но этому процессу препятствует то обстоятельство, что при замешивании мелкозернистого бетона и электрогидравлической обработке происходит его намагничивание, что способствует образованию цементных коллоидов. В то же время их размеры многократно превосходят размеры пор грунта. К сожалению пока нет технологии, воспрепятствующей комкованию цементного молока. Это возможно на мой субъективный взгляд только при размагничивании биполей воды в бетоне.

Необходимо обратить внимание еще на один аспект, связанный с возможным увеличением несущей способности оснований, усиленных буровыми сваями. В среде проектировщиков устоялась мнение том, что чем больше диаметр буровой свай, тем больше ее несущая способность по грунту. Да это так. Но критерием оценки несущей способности Fd по грунту на наш взгляд должны служить не диаметр и длина свай, а «удельная несущая способность по грунту», т.е. несущая способность одного кубического метра буровой свай, а также "удельная расчетная нагрузка", т.е. расчетная нагрузка одного кубического метра буровой свай. При таком подходе, анализируя результаты расчетов несущей способности для

свай ЭРТ и буронабивных свай разных диаметров можно, сделать вывод о том, что с увеличением диаметра буровых свай удельная несущая способность снижается, приближаясь к некоторой асимптоте. В то же время наиболее оптимальным по удельным характеристикам являются «микросваи», т.е. буринъекционные сваи ЭРТ диаметром до 300 мм, изготавливаемые по электроразрядным технологиям. На рис. 1 графики 1-4 наглядно демонстрируют это.

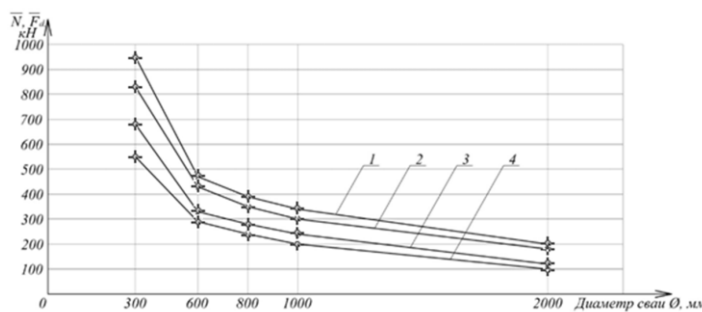



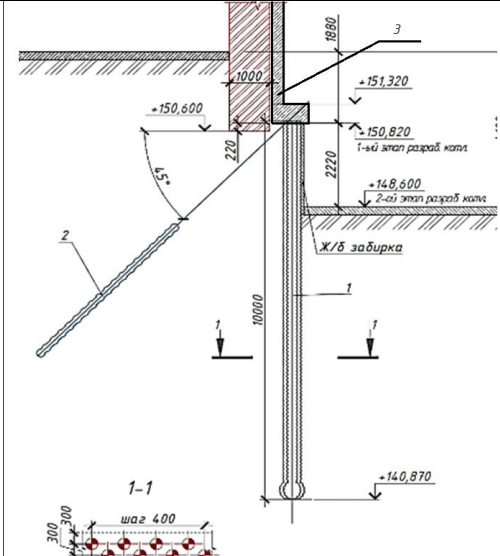
Рисунок 1. Графики зависимости $f(\Phi \bar{N})$ и $f(\Phi \bar{F}_d)$, где \bar{F}_d – удельная несущая способность (кН), \bar{N} – удельная расчетная нагрузка (кН), 1 и 2 – графики $f(\Phi \bar{F}_d)$; 3 и 4 – графики $f(\Phi \bar{N})$. Примечания: 300-диаметр свай ЭРТ; 600, 800, 1000, 2000, диаметры буронабивных свай (мм).

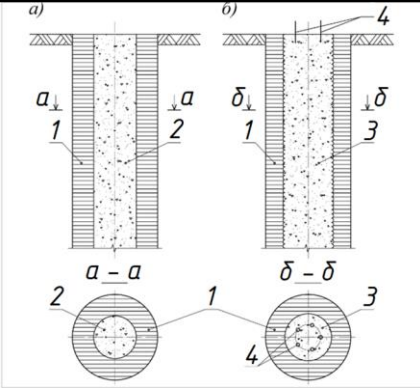
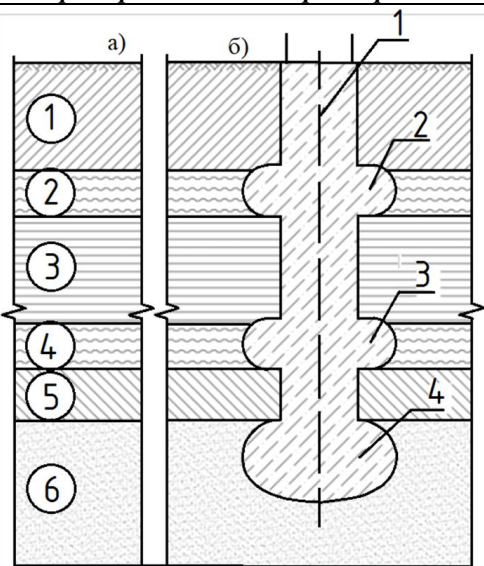
Необходимо обратить внимание на широкий диапазон использования электроразрядной технологии усиления оснований с использованием "микросвай". Область использования ЭРТ технологии существенно расширяется, комбинируя ее с технологией устройства грунтоцементных свай, т.е. GET технологией. Ниже в таблице 1 приведены апробированные геотехнические технологии с использованием этих двух.

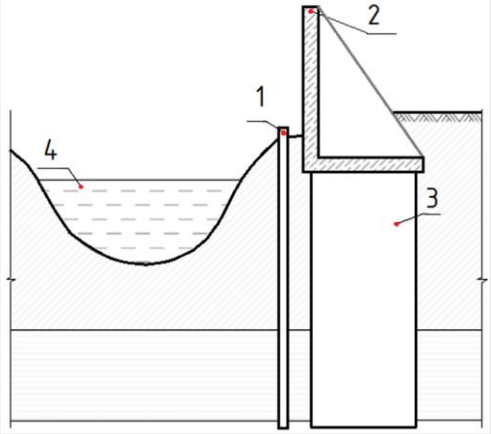
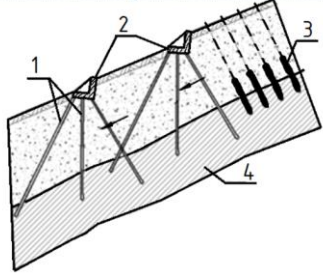
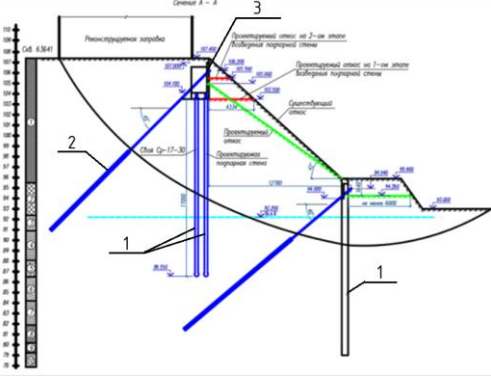
Таблица 1


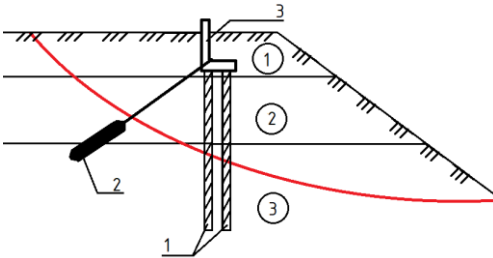

Схемы геотехнических технологий.

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электроразрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буринъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
1	Электроразрядная гео-техническая технология усиления основания фундаментов с исполь-зованием буринъек-ционных свай ЭРТ	Технология с использо-ванием буринъекцион-ных свай ЭРТ актуальна для усиления оснований фундаментов аварийных, реконструируемых зда-ний и сооружений. Она востребована в стеснен-ных и особо стесненных условиях, а также в перемеживающихся сла-бых подстилающих слоев	 <p>Схема усиления основания: 1-фундамент каркаса здания; 2- фундамент кузнечного молота; 3-буринъекционные сваи ЭРТ уси-ления основания фундаментов каркаса ;4- буринъекционные сваи-ЭРТ усиления осно-вания фундаментов молота</p>

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электроразрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буринъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
2	<p>Электроразрядная гео-техническая техно-логия устройства бурин-ъекционных свай ЭРТ в свайных полях.</p>	<p>Эта техно-логия наи-бо-лее эффек-тивна для при-менения в стес-ненных усло-виях и под боль-шие внеш-ние нагруз-ки, а так-же как усилен-ное свай-ное осно-вание высо-тых зда-ний и соору-же-ний.</p>	 <p>Свайное поле их буринъекционных свай ЭРТ: 1- бетонная подготовка; 2- выпуски армокаркаса свай ЭРТ</p>
3	<p>Электроразрядная техно-логия устройства бу-роинъекционных свай ЭРТ как шпунтовая стенка ограждений кот-лованов.</p>	<p>Эта техно-логия устрой-ства буринъекционных свай ЭРТ как кон-структив является кон-сольной шпунтовой стенкой. Она в основ-ном служит для обез-печения устойчи-вости стенок грун-та не-глубоких котло-ванов. В зави-симости от коли-чества рядов из свай ЭРТ стенка может обеспечить устойчи-вость стенок гру-нта котло-ванов раз-ных глубин.</p>	 <p>Шпунтовая стенка ограждения кот-лована из буринъекционных свай и грунтовых анкеров ЭРТ: 1- буринъекционные сваи ЭРТ; 2- грунтовые анкера ЭРТ; 3-уголковая моно-литная ж/б подпорная стена</p>

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электро-разрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буринъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
4	Комплексная электро-разрядная технология устройства свай повышенной несущей способности с использованием грунтобетонных свай GET	Комплексная технология устройства свай ЭРТ с использованием грунто-бетонных свай GET позволяет получить заглубленную железобетонную конструкцию повышенной несущей способности.	 <p>Схема устройства грунтобетонной сваи (ГБС): 1-грунтоцементный массив; 2-свежеуложенный мелкозернистый бетон; 3- электро-гидравлически обработанный и армированный мелкозернистый бетон; 4-выпуски пространственного армокаркаса</p>
5	Геотехническая техно-логия устройства ком-бинированной грун-тобетонной сваи повы-шенной несущей спо-собности с использо-ванием электрораз-рядной и GET техно-логий	Технология востребова-на для устройства бур-инъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности в случае на-личия в основании сла-бых перемеживающихся грунтов. Предполагает использование техно-логии GET для устройства уширений (подпятни-ков) на глубинах нали-чия слабых ИГЭ вдоль их толщин. Конструкция является вариантом гру-нтобетонной железе-бетонной сваи (ГБС).	 <p>Врезка в инженерно-геологический разрез буровой грунтобетонной сваи ГБС с мно-гоместными уширениями: (1)-(6)- инже-нерно-геологические элементы(ИГЭ); (2),(4)- слабые ИГЭ; 1 - железобетонный ствол сваи; 2,3,4-про-межуточные уширения (под-пятники)</p>
6	Геотехническая техно-логия устройства огра-ждения склонов и бе-регов водоемов и рек из комбинированной	Технология из комби-нированной грунтобе-тонной сваи с ис-пользованием электро-разрядной и GET техно-логий и монолитной железобетонной под-	

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электроразрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буринъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
	<p>грунтобетонной свай с использованием электро-разрядной и GET технологий и монолит-ной железобетонной подпорной стены как заглубленная железо-бетонная конструкция.</p>	<p>порной стены как противо-фильтрационная заве-са и упор массива грунта.</p>	 <p>Схема укрепления берегов разливающихся рек: 1-сплошной шпунт, 2-уголковая подпорная стена, 3-свайное основание из ГБС как противофильтрационная завеса, 4-русло реки.</p>
7	<p>Устройство буринъек-ционных свай ЭРТ как грунтовые железобе-тонные нагеля укреп-ления оползневого ск-лона.</p>	<p>Технология служит для укрепления оползнево-го и нагруженного скло-на с помощью свай ЭРТ, закрепляющих поверх-ность призмы обруше-ния. Часто используется совместно с монолитной железобетонной угол-ковой подпорной стеной с усиленным сваями ЭРТ основанием.</p>	 <p>Противооползневая защита склонов из буринъекционных свай ЭРТ и нагелей (шпонок): 1-сваи в составе подпорной сетчатой стены; 2- уголковая сетчатая подпорная стена; 3- нагели(шпонки) в плоскости сдвига; 4 - плоскость сдвига</p>
8	<p>Устройство буринъек-ционных свай ЭРТ как свайное основание под монолитной железобе-тонной уголковой под-порной стеной</p>	<p>Технология наиболее востребована как упор массива грунта от опол-зневого и нагруженного склона. Эта конструкция работает как консольная железобетонная констр-укция. Для ее оптими-зации в конструктивную схему возможно включе-ние грунтовых анкеров</p>	 <p>Сечение прислоненного откоса с проти-</p>

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электроразрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буроинъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
		ЭРТ в один или несколь-ко рядов.	вооползневыми заглубленными ЖБК: 1-бу-роинъекционная свая ЭРТ; 2-грунтовые ан-кера; 3-угловая монолитная ж/б подпорная стена
9	Устройство грунтовых анкеров ЭРТ, устраива-емые по электрораз-рядной технологии как заглубленные железо-бетонные конструкции совместно со шпунто-вой стенкой.	Технология с использо-ванием грунтовых анке-ров ЭРТ в составе шпун-товой стенки из свай ЭРТ наиболее эконо-мична по сравнению с консольными подпор-ными стенами. Она оптимально подходит для обеспечения устой-чивости грунта стенок котлованов.	 <p>Схема устройства ограждения котлована: 1-буроинъекционные сваи ЭРТ; 2-монлитный ж/б обвязочный пояс; 3-анкерный пояс; 4-грунтовые анкера ЭРТ</p>
10	Комбинированные гру-нтовые анкера, устраи-ваемые по электрораз-рядной и GET техноло-гиям как заглубленные железобетонные конст-рукции для обеспе-чения устойчивости стенок котлованов и оползневых склонов	Технология с использо-ванием грунтовых анке-ров ЭРТ в составе шпун-товой стенки наиболее экономична по сравне-нию с консольными подпорными стенами. Она оптимально подхо-дит для обеспечения устойчивости грунта стенок котлованов, а также оползневых и нагруженных склонов.	 <p>Схема усиления оползневого склона с помощью свай ЭРТ и грунтобетона :1-сваи ЭРТ; 2-грунтобетонный анкер; 3-угловая монолитная ж/б подпорная стена;(1)-(3)- инженерно-геологические элементы</p>
11	Геотехническая техно-логия усиления ополз-невого склона с исполь-зованием буроинъек-ционных свай ЭРТ и монолитной железобе-тонной угловой под-порной стены (как ва-риант, монолитный же-лезобетонный обвязо-чный пояс).	Технология востребо-вана для устройства буроинъекционных свай ЭРТ укрепления основа-ния оползневого склона с возведением монолит-ной железобетонной подпорной стены. Сваи ЭРТ могут размещаться в несколько рядов.	 <p>Схема устройства усиления оползневого склона:1-буроинъекционные сваи ЭРТ в три ряда; 2-выпуски арматурного каркаса свай</p>

№№ n/n	Комбинированная гео-техническая техно-логия, основанная на электроразрядной, а также на технологии грунтоцементных свай GET	Область применения. Краткое описание гео-технической технологии	Принципиальные схемы геотех-нических технологий с исполь-зованием буринъекционных свай ЭРТ
1	2	3	4
12	Геотехническая техно-логия устройства ограждения котлована при наличии в основании ИГЭ повышенной прочности с использо-ванием буринъекци-онных свай ЭРТ	Технология с использо-ванием буринъекцион-ных свай ЭРТ в случае наличия в основании ин-женерно - геологических элементов с высокими прочностными характе-ристиками (аргиллит, алевролит), зацемя-ющих их, в качестве ограждения котлованов в один или несколько рядов. По верху свай ЭРТ устраивается моно-литный железобетон-ный обвязочный пояс	 <p>Схема устройства ограждения кот-лована: 1-буринъекционные сваи ЭРТ; 2-моно-литный железобетонный обвязочный пояс</p>

Выводы и рекомендации:

С учетом вышесказанного результаты длительных исследований и ис-пользование электроразрядной геотехнической технологии устройства заглубленных железобетонных конструкций с использованием элек-троразряда и **апробации** в реальном подземном строительстве в течение длительного периода времени позволили рекомендовать ее для решения следующих строительных задач, приведенных в таблице 2 ниже.

Таблица 2

Геотехнические задачи.

№	Геотехническая задача
1	При усилении перегруженных оснований фундаментов, включая цементацию слабых инженерно-геологических элементов
2	При усилении оснований фундаментов существующих зданий и соору-жений в связи с планируемым повышением или изменением характера эксплуатационных нагрузок при изменении конструктивной схемы
3	При усилении оснований фундаментов существующих зданий и соору-жений в связи с планируемым повышением или изменением характера эксплуатационных нагрузок при изменении конструктивной схемы
4	Для исправления сверхнормативных кренов зданий и сооружений или отдельных фундаментов
5	Для противооползневой защиты склонов, берегов рек и морей
6	Для усиления оснований железнодорожных насыпей с нестабильным балластным шлейфом
7	Для решения сложных геотехнических задач при реконструкции зданий и фундаментов, а также в случае капитального ремонта
8	При строительстве новых объектов в сложных инженерно-гео-логических условиях, а также при наличии перемеживающихся слабых грунтов оснований
9	При устройстве подземных этажей в бесподвальных зданиях, углубления полов подвалов, влекущих за собой усиления тела существующих фундаментов, устройства протвофильтрационной заве-

	<i>сы, а также цементации контактного слоя подошвы фундаментов с несущим слоем</i>
10	<i>Для устройства железобетонных шпенок (нагелей) по границе призмы обрушения при усилении оползневых склонов с целью стабилизации их деформаций</i>

1. Cai, F., Ugal, K. 2000. Numerical analysis of the stability of a slope reinforced with piles. *Soils and Foundations* 40 (1): 73-84.
2. Hassiotis, S., Chamcau, J.L., Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 123 (4). 314-323.
3. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Determination of pile base resistance in sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125 (8). 673-683.
4. Mandolini, A., Russo, G., Veggiani, C. 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. *Ground Engineering* 38 (9): 34-38.
5. Ilchev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Opyt osvoeniya podzemnogo prostranstva rossijskih megapolisov [Experience Of Development Of Russian Megacities Underground Space]. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering]*, 2012, no. 2, pp. 17-20.
6. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov [Geotechnical Support of Urban Development]. St. Petersburg, Georeconstruction Publ., 2010. 551 p.
7. Ilchev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilychev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
8. Ilychev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilychev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
9. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
10. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. – P. 338-342.
11. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
12. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
13. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 76-81.
14. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.70-74.
15. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P. 56-69.
16. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity // 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. База данных Web of Science.
17. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors // 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
18. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects large-sized foundations and increased loads on them // Журнал в базе данных Scopus-"Key Engineering Materials". 2018. P.1-11.
19. Sokolov N.S., Sokolov A.N., Sokolov S.N., Glushkov V.E., Glushkov A.E. Raschyot buroinyekcyonnikh svai povyshennoy nesushey sposobnosti [Calculation of Increased Bearing Capacity Bored Piles]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction]*, 2017, no. 11, pp 20–26.
20. Sokolov N.S. Fundament povyshennoy nesushey sposobnosti s ispolzovaniyem buroinyekcionnikh svai ERT s mnogomestnymi ushirenyami [The Foundation of Increased Bearing Capacity Employing Bored Electric

- Discharge (ЭРТ) Piles with Multi-seat Broadening]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction]*, 2017, no. 09, pp 25–29.
21. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // *Journal of applied*
 22. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure // *Log in database Scopus-"Key Enginiring Materials"*. 2018. P. 76-81.
 23. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // *Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials"*. 2018. P.70-74.
 24. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // *Log in database Scopus-"Key Engineering Materials"*. 2018. P. 56-69.
 25. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity// 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. Database Web of Science.
 26. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
 27. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them // *Log in database Scopus-"Key Engineering Materials"*. 2018. P.1-11.
 28. Nikolay Sokolov. Electroimpulse Device for Manufacture of Continuous Flight Augering Piles // *Current Trends in Civil and Structurual Engineering*. August 2020.
 29. Nikolay Sokolov. Approach to Increasing the Carring Capacity of the Pile Base // *Current Trends in Civil and Structurual Engineering*. August 2020.

Соколов Н.С.

Эрт технология для улучшения слабых оснований

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-673

Аннотация

Возведение фундаментов с повышенными значениями несущей способности является актуальной задачей современного геотехнического строительства. Как правило, в качестве основания под такие фундаменты используются глубокие буровые сваи с большими диаметрами. Технологии их изготовления существует множество. Увеличения их несущей способности возможно только за счет изменения их длины и диаметра. Использование буроинъекционных свай изготавливаемых по электроразрядной технологии (сваи-ЭРТ) с множественными уширениями решает проблему создания фундаментов повышенной несущей способности.

Ключевые слова: буроинъекционные сваи; сваи-ЭРТ; множественные уширения; буронабивные сваи; несущая способность; инженерно-геологические условия.

Abstract

Erecting foundations with high load-bearing capacity is a relevant task in modern geotechnical construction. Usually, deep-bored large-diameter piles are used for such foundations as a base. They can be made by multiple technologies. Their load-bearing capacity can be increased by changing their length and diameter. Using continuous flight augers made by electrical discharge technology (EDT) with multi-spot widenings can help creating foundations with high load-bearing capacity.

Keywords: continuous flight augers; EDT augers; multi-spot widenings; bored piles; load-bearing capacity; geotechnical conditions.

Буровые сваи в современном геотехническом строительстве являются основными заглубленными конструкциями. Они востребованы как в свайных полях, так и при усилении оснований фундаментов, а так же используются в качестве шпунтовых стенок ограждений котлованов. Весьма актуальной остается проблема повышения несущей способности этих

свай. Для этого возможны два подхода. По **первому способу** повышенные значения F_d возможно добиться только благодаря увеличению диаметра и длины буровых свай. Следует особо обратить внимание на тот факт, что чрезмерное увеличение диаметров бурения приведет к расструктурированию и разуплотнению грунта стенок скважин, что привлечет к изменению сложившегося в течение длительного геологического периода напряженно-деформированного состояния (НДС) основания.

При этом возврат разуплотненного состояния в первоначальный только за счет собственного веса укладываемого в скважину бетона не представляется возможным.

Второй способ увеличения буровых свай F_d - это устройство уширений под пятой и вдоль ствола свай. По этому методу имеется большие резервы в плане существенного увеличения их несущей способности.

При создании уширений ствола и пяты свай происходит многократное увеличение ее несущей способности по грунту. Практика проектирования, изготовления и эксплуатации таких свай показала их высокую эффективность. В том числе очень серьезные лабораторные и полевые исследования в этом отношении проводились специалистами лаборатории оснований и фундаментов Уральского института «Промстройинвестпроект» под руководством А.Н. Тетиора [6]. По результатам полевых испытаний статическими нагрузками, несущая способность свай с одним и с двумя уширениями была больше несущей способности такой же свай без уширений в 1,5-2,0 и 3,0-4,0 раза соответственно.

При этом имеются недостатки механических уширений. Это, **во-первых** как у буронабивных свай разуплотнение грунта, как стенок, так и в районе устройства уширений. **Во-вторых**, в песчаных грунтах практически невозможно устройство уширений вследствие осыпания их на несущий слой подошвы. **В-третьих** невозможность точного определения отметок устройства уширений вследствие сложности инженерно-геологических условий (ИГУ) строительной площадки. Наиболее приемлемой геотехнической технологией увеличения F_d по второму способу является устройство уширений по электроразрядной технологии.

Автор настоящей статьи (ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что свай ЭРТ с множественными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опрессовка грунта стенок и забоя скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений [1-4, 5÷10, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Это буруинъекционные свай, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения γ_{cr} и γ_{cf} , а именно $\gamma_{cr}=1,3$, а $\gamma_{cf}=1,1\div 1,3$ благодаря восстановлению структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности - в $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2\div 2,6$ раза.

При определении несущей способности F_d по формуле (7.11) [11] значения расчетных сопротивлений R и f определяются по таблицам 7.3 и 7.8. [11]. В табл. 7.3 [11] приведены значения f для различных значений I_L и f , а в табл. 7.8 [11] - то же для R . Для наглядности величины $R/f = f(h)$ для различных значений I_L приведены ниже в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Зависимости $R/f = f(h)$ для различных значений I_L

I	$I_L=0,2$			$I_L=0,3$			$I_L=0,4$			$I_L=0,5$			$I_L=0,6$		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9

5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40
18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
≥40	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

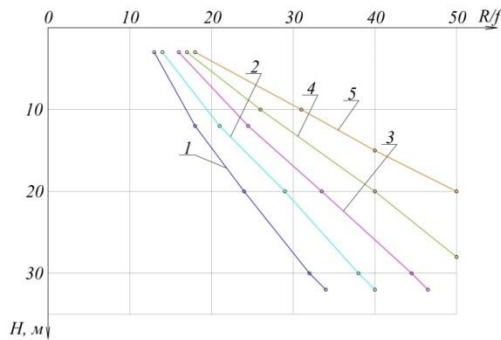


Рисунок 1. Графики зависимости $R/f = f(h)$ при различных значениях показателя текучести I_L : 1 – для $I_L=0,2$; 2 – для $I_L=0,3$; 3 – для $I_L=0,4$; 4 – для $I_L=0,5$; 5 – для $I_L=0,6$.

У буроинъекционных свай изготавливаемых по электро-разрядной технологии в отличие от буронабивных имеется главное преимущество. Это возможность уплотнения разуплотненных стенок буровых скважин посредством электрогидравлической обработки в среде мелкозернистого бетона сверх природного. В результате этого процесса в поперечном сечении свай-ЭРТ дополнительно к железобетонному сечению свай (поз. 1) создаются: 1) зона цементации (поз. 2); 2) зона уплотнения (поз. 3) (см. рис. 2). При этом зона цементации имеет тенденцию к увеличению со временем.

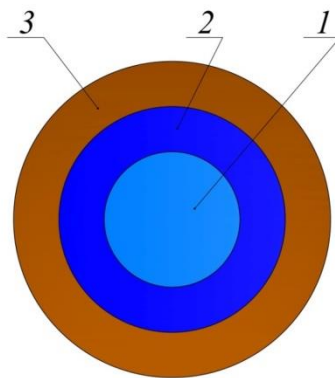


Рисунок 2. Поперечное сечение буроинъекционной сваи-ЭРТ: 1 – железобетонное сечение сваи-ЭРТ; 2 – зона цементации; 3 – зона уплотнения.

Определение несущей способности F_d производится по формуле (7.11) [11]

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа ($тс/м^2$), принимаемое по табл.

7.2 [11]; A - площадь опирания сваи на грунт, м; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.3 [11]; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 [11]; γ_{cR} - коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 [11].

По формуле (1) произведены расчеты несущей способности F_d по грунту различных типов буровых свай прорезающих тугопластичный суглинок с $I_L = 0.4$, супесь пластичную с $I_L = 0.6$, суглинок тугопластичный с $I_L = 0.5$, и глину полутвердую с $I_L = 0.1$. Пята сваи заделана в полутвердую глину. В качестве типов буровых свай использованы: 1) буроинъекционные сваи-ЭРТ без уширений и с уширениями под пятой и вдоль ствола; 2) буронабивные сваи $\varnothing 600, 800, 1000$ мм, изготавливаемые в обсадных трубах, под защитой тиксотронной глины, а также укладываемые с помощью глубокой вибрации. Схемы к расчету F_d приведены на рис.3, а результаты расчетов сведены в табл. 1

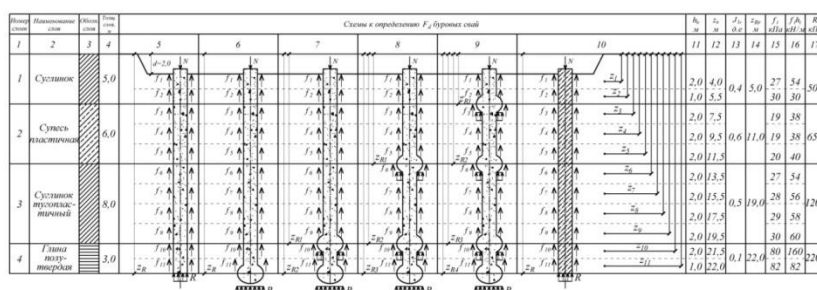


Рисунок 3. Схемы к определению несущей способности F_d буровых свай.

Примечания по столбцам: 5÷9 буроинъекционные сваи-ЭРТ соответственно без уширений и уширениями по пяте и вдоль ствола; 10 – буронабивная свая.

Таблица 1

№ п.п.	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м ³	Удельная несущая способность, кН/м ³	Удельная расчетная нагрузка, кН/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Буронабивная свая $\varnothing 600$ $A=0,2826 \text{ м}^2$	1	1500,0	1070,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,4	277,0	198,0
		2	1380,0	985,0		5,4	256,0	182,0
		3	1630,0	1165,0		5,4	302,0	216,0
2	Буронабивная свая $\varnothing 800$ $A=0,50 \text{ м}^2$	1	2280,0	1630,0		9,5	220,0	160,0
		2	2110,0	1510,0		9,5	210,0	150,0
		3	2450,0	1750,0		9,5	240,0	171,0
3	Буронабивная свая $\varnothing 1000$ $A=0,785 \text{ м}^2$	1	3200,0	2290,0		15,0	215,0	153,0
		2	2990,0	2140,0		15,0	200,0	143,0
		3	3150,0	2510,0		15,0	210,0	167,0
5	Буронабивная свая $\varnothing 2000$ $A=6,28 \text{ м}^2$	1	9860,0	7040,0		119	83,0	59,1
		2	9430,0	6740,0	119	79,2	56,6	
		3	10280,0	7340,0	119	86,3	61,7	
6	Буроинъекционные сваи-ЭРТ $\varnothing 350$ $A=0,10 \text{ м}^2$	4	830,0	593,0	буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений	1,9	437,0	312,0
		5	890,0	635,7	буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой	1,9	468,4	334,6

		6	940,0	671,4	буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	1,9	494,7	353,4
		7	980,0	700,0	буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	1,9	515,8	368,4

Для сравнительной оценки величин несущей способности свай и расчетных нагрузок на них в табл. 1 имеются величины их удельных значений, это удельная несущая способность \overline{F}_d соответствующая $\overline{F}_d = \frac{F_d}{V_c}$ и удельная расчетная нагрузка \overline{N} соответствующая $\overline{N} = \frac{N}{V_c}$, где V_c – объем рассматриваемой сваи.

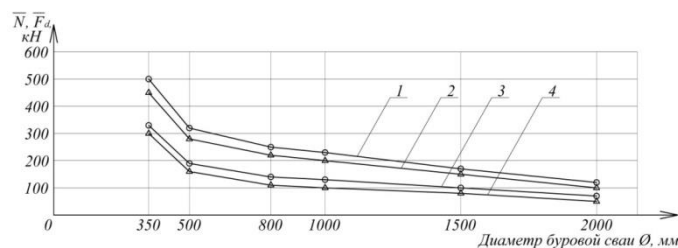


Рисунок 4 Графики зависимости $f(\overline{N})$ и $f(\overline{F}_d)$.

Здесь \overline{F}_d – удельная несущая способность [кН], \overline{N} – удельная расчетная нагрузка [кН]; 1 и 2 – графики $f(\overline{F}_d)$; 3 и 4 – графики $f(\overline{N})$, \overline{N} – диаметр сваи.

Наиболее характерны графики зависимости \overline{N} и \overline{F}_d от диаметра и типа свай приведенные на рис. 4. Ярко прослеживается преобладание \overline{N} и \overline{F}_d для свай-ЭРТ достигающие до 5 раз этих величин для буронабивных свай. При этом с увеличением диаметра сваи графики приобретают линейный ниспадающий характер.

- Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
- Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
- Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с. 5 Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундамента. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.
- В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
- Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
- Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
- Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
- Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34

9. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буронабивных свай с многоместными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60-66.
10. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
11. СП 24.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты. М. 2011 г. 85 с.
12. ТР 50-180-06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (свай-РИТ). М.: Департамент градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы, 2006. – 68 с.
13. Горбушин А.В., Рябинов В.М. Возможность использования электроразрядной технологии при строительстве в неслабых грунтах // ОФиМГ. 2016. с. 10-13.
14. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов. Патент на изобретение RU 2282936 С1, 27.08.2006. Заявка №2005102864/09 от 04.02.2005.
15. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Способ возведения набивной конструкции в грунте. Патент на изобретение RU2605213 С1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.
16. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища В сборнике: Управління водними ресурсами в умовах змін клімату. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017.С.71-72.
17. Соколов Н.С., Рябинов В.М., Таврич В.Ю., Абрамушкин В.А. Способ возведения набивной сваи. Патент на изобретение RU2318960 С2, 10.03.2008. Заявка № 2005140716/03 от 26.12.2005.
18. Соколов Н.С. Определение несущей способности буронабивных свай-РИТ со сформированными "подпятниками". В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции, материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. 2012. С 289-292.

Федоров П.Ю.^{1,2}

Альтернативное армирование буронабивных свай ЭРТ

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

²ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-674

Аннотация

На сегодняшний день намечается существенный рост применения фибродобавок (фибры) как в промышленном, так и бытовом строительстве во всем мире. Применение фибры для армирования бетонных конструкций успешно конкурирует с другими способами укрепления бетона, в том числе металлическими сетками и стержнями. Бетонные конструкции, армированные фиброй, имеют повышенный класс огнеупорности и категорию трещиностойкости, что позволяет использовать данный вид армирования во многих областях строительства, включая фундаментостроение, в частности – при устройстве буровых свайных фундаментов. Главная особенность применения буровых свай заключается в отсутствии ударных и вибро-нагрузок в процессе их устройства, что очень важно при условиях плотной городской застройки. Поэтому, изучение работы конструкций буровых свай и усовершенствование данной технологии является актуальной задачей при проектировании подземных сооружений, так как применением фиброарматуры можно увеличить несущую способность буронабивной сваи, а также сократить сроки его возведения.

Ключевые слова: сваи, фибра, армирование фиброй, электроразрядная технология, несущая способность, свая ЭРТ, инженерно-геологические элементы, электрогидравлическая обработка.

Abstract

Today, there is a significant increase in the use of fiber additives (fiber) in both industrial and domestic construction throughout the world. The use of fiber for reinforcing concrete structures successfully competes with other methods of strengthening concrete, including metal meshes and rods. Concrete structures reinforced with fiber have an increased class of fire resistance and a category of

crack resistance, which allows the use of this type of reinforcement in many areas of construction, including foundation construction, in particular when constructing drilled pile foundations. The main feature of the use of drilled piles is the absence of shock and vibration loads during their installation, which is very important in dense urban areas. Therefore, studying the operation of drilled pile structures and improving this technology is an urgent task in the design of underground structures, since the use of fiber reinforcement can increase the load-bearing capacity of a bored pile, as well as reduce the time of its construction.

Keywords: piles, fiber, fiber reinforcement, electric discharge technology, bearing capacity, EDT pile, geotechnical elements, electrohydraulic processing.

Исследованиями в области строительства, а именно относящимися к возведению свайных фундаментов с применением фибры в качестве армирующего элемента при возведении фундаментов на слабых грунтах, занимались разные институты, в частности исследователи из СПбГАСУ, ОАО «Фундаментпроект», НИИ Оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова, ОАО «ЦНИИПромзданий», ООО НИИЖБ и ОАО «СПбЗНИИПИ» и другие [1-8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

При возведении свайных фундаментов рассматривались исследования, связанные с решениями проблем при погружении забивных свай до проектных отметок. Проблемы забивных свай заключались в преждевременном разрушении их оголовков, в результате чего при погружении забивных свай в тяжелые и средние грунты около 30% железобетонных свай не достигали проектных отметок и более чем у 80% свай приходилось срезать головы и стволы перед устройством ростверка. Для решения данной проблемы приведенными выше институтами были проведены исследования, направленные на применение забивных свай из сталефибробетонного оголовка и железобетонного ствола, а также свай, целиком изготовленных сталефибробетона. Результаты исследований оказались успешными, так как сваи, изготовленные из сталефибробетона оказались способны воспринять значительную энергию удара и позволили сократить время погружения свай на 50%, повысить возможность сваебойного оборудования и производительность сваебойных работ. В результате проверки свай из сталефибробетона в условиях реального строительства, исследователями установлено, что они обладают высокой ударостойкостью, обеспечивающей бездефектное погружение до проектных отметок и возможность отказа от применения свай-дублеров.

В условиях плотной городской застройки применение забивных свай не просто нежелательно – в некоторых случаях просто недопустимо. Ударные динамические и вибрационные воздействия на основание возводимого сооружения могут привести к самым печальным последствиям для существующих зданий попадающих в зону влияния нового строительства, вплоть до разрушения. Поэтому при строительстве на слабых грунтах вновь возводимого или усилении реконструируемого здания в стесненных условиях, особенно вблизи старых зданий или объектов культурного наследия, наиболее актуально применение технологии возведения свайных фундаментов с минимальным негативным или безвредным воздействием на основание существующего соседнего строения, а именно технологии изготовления буровых свай.

Ввиду актуальности применения технологии изготовления буровых свай на сегодняшний день, а также его обширного и повсеместного использования, не менее актуальны методы его усовершенствования, в частности – применение фибры в качестве армирующего элемента.

Тема нашего исследования направлена на разработку технологии изготовления буровых свай, полностью армированных фиброй, а также изучение работы таких свай в грунтовом массиве.

Актуальность применения фибры в качестве армирующего элемента буровых свай заключается в том, что данная технология позволит увеличить их несущую способность за счет армирования всего тела фундамента, увеличить прочность и трещиностойкость бетона,

а также позволит сократить сроки их возведения за счет исключения традиционных методов армирования стержневыми стальными каркасами.

Научная новизна исследования заключается в использовании фибры в качестве армирующего элемента при изготовлении буронабивной сваи, включающего проходку скважины полым шнеком с буровым инструментом, оснащенным магистральями подвода высоконапорного водоцементного раствора с фиброй, и создании переменного поперечного сечения в зависимости от характеристик грунтов. Решение поставленной задачи достигается за счет формирования увеличенного поперечного сечения в областях пониженных механических свойств грунтов. В результате этого появляется возможность получения положительных результатов.

Для исследования и разработки технологии изготовления буровых свай, армированных фиброй, нами поставлены следующие задачи, разделенные на этапы:

I этап: сбор и анализ имеющейся на сегодняшний день нормативной базы, научных разработок с применением фибробетона, диссертаций на данную тему, статей и проектов; изучение методов расчета фибробетонных конструкций, в частности буровых свай; подготовка приборной и материальной базы к проведениям исследований;

II этап: изучение разновидностей фибродобавок из различных материалов; определение физических свойств и параметров определенных видов фибры (из стали, полипропилена, базальта и т.д.); изготовление опытных образцов-кубиков из бетона с разными фибродобавками для сравнения и определения их прочностей на сжатие, растяжение, сдвиг и другие виды напряженного состояния; сравнение результатов испытаний образцов по следующим параметрам: по прочности, по технологичности изготовления, по экономичности; выбор наиболее оптимального материала фибры по проведенным исследованиям;

III этап: изготовление экспериментальных образцов буровых свай из бетона определенной марки и наиболее оптимально подобранной по всем показателям фибры, а также буровых свай из бетона той же марки с применением стержневого арматурного каркаса; испытание полученных буровых свай в полевых условиях; обработка результатов испытаний; сравнение результатов испытаний образцов по следующим параметрам: по прочности, по технологичности изготовления, по экономичности.

После сравнения полученных результатов испытаний образцов буровых свай возможны два варианта событий: первый – характеристики несущей способности буровых свай армированных фиброй и изготовленных из бетона определенной марки будет равной или выше несущей способности буровых свай армированных традиционным стальным стержневым каркасом, в таком случае исследование и разработку технологии армирования буровых свай фиброарматурой можно будет считать успешным; второй вариант событий – несущая способность буровых свай армированных фиброй будет ниже несущей способности свай армированных традиционным методом, в таком случае планируем подбирать оптимальный состав бетона и фибры до достижения результатов по несущей способности не ниже чем для свай армированных стержневым каркасом, при этом соблюдая не только прочностные, но и технологические и экономические показатели таких свай.

Ниже приводится пример алгоритма подбора состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) для изготовления свай ЭРТ.

Одной из стадий строительного проектирования конструкций железобетонного ствола буронабивной сваи ЭРТ является подбор состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) согласно ГОСТ 7423-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».

Алгоритм подбора состава БСМ представляется в следующей последовательности:

1. По величинам проектной несущей способности свай-ЭРТ F_d по грунту назначается класс (марка) бетона по прочности на сжатие. При этом согласно ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые» средняя прочность бетона закладывается при коэффициенте вариации $V = 13,5 \%$, обеспеченности не менее 95% от назначенного значения. Например, при

- проектной марке мелкозернистого бетона М400 величина кубиковой прочности должна составлять $R = 38,5$ МПа ($392,5$ кг/см²).
2. По ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» подбирается марка по удобоукладываемости бетонной смеси П и показатель подвижности (осадка конуса). Для примера символ П4 означает осадку конуса 20 см.
 3. Назначаются условия твердения. В основании ниже глубины промерзания условия твердения – естественные. При осуществлении геотехнических работ в условиях отрицательных температур применяются или химическое твердение с применением формиата натрия или электрический метод прогрева с помощью греющих проводов. Следует отметить, что электропрогрев из опыта производства работ нежелателен. Возможно, возникновение усадочных трещин в теле бетона в результате быстрого набора прочности и, как результат, отрыв части сваи-ЭРТ прогреваемой от части твердеющей естественным путем.
 4. Подбираются компоненты к мелкозернистому бетону – цемент, мелкий заполнитель, добавки к бетону и вода.
 - 4.1. Портландцемент, как правило, на объект поставляется из ближайшего цементного завода. В средневолжском регионе используется цемент производства ОАО «Мордовцемент». Согласно ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные» контролируемые параметрами являются:
 - 1) прочность на сжатие в возрасте 28 суток $R = 50$ МПа;
 - 2) нормальная густота цементного теста 27 %;
 - 3) сроки схватывания: начало 2 часа 35 мин, конец 4 часа 25 мин;
 - 4) истинная плотность $\rho = 2,63$ г/см³.
 - 4.2. В качестве мелкого заполнителя принимается природный речной песок по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия (с Поправкой)» с моделью крупности не более $M_k=2,0$. Определяется процентное содержание фракций крупнее $M_k \geq 2,0$ мм и плотность минеральных частиц ρ_s .
 - 4.3. Для увеличения прочности бетона и увеличения подвижности используются добавки. Например, добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – модификатор бетона по ТУ 5870-176-46854090-04, изготавливаемый ООО «Предприятие Мастер Бетон» г. Москва одновременно является пластификатором и модификатором.
 - 4.4. К воде также предъявляются особые требования согласно ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов».
 5. В строительной лаборатории под назначенные прочность, подвижность, удобоукладываемость, условия твердения согласно ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава бетона» проектируются:
 - 5.1. Водоцементное отношение, например, $В/Ц = 0,51$, где В – масса воды;
 - 5.2. Соотношение материалов по массе, например, $Ц:П=1:2,1$, где Ц-масса цемента; П – масса песка;
 - 5.3. Содержание добавок в % от массы цемента, например, содержание ЭМБЭЛИТ 8-100 = 10;
 - 5.4. Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси;

Для примера на одном из объектов использованы: цемент – 850 кг; песок – 810 кг; добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – 85 кг; вода – 465 кг.

Кроме характеристик номинального состава мелкозернистого бетона в алгоритме подбора состава приводится раздел фактически возможного расхода материалов на 1 м³ бетонной смеси.

6. Физико-механические свойства бетона, обязательные для подтверждения правильности подбора состава на объекте – это средняя плотность бетона в

серии образцов размером $10 \times 10 \times 10$ см, ρ [г/см³] и предел прочности на сжатие в возрасте 7 и 28 сут.

Выводы:

Применение технологии буровых свай, армированных фиброй, вполне возможно для практического использования после проведения исследований.

Разработка технологии изготовления буровых свай, армированных фиброй, при возведении и реконструкции зданий в стесненных условиях на слабых грунтах в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений является весьма актуальной проблемой, т.к. отличительная особенность таких свай заключается в отсутствии ударных и вибронагрузок в процессе их устройства. При условиях плотной городской застройки данный метод позволит максимально минимизировать негативное влияние от нового строительства или реконструируемого объекта на существующие здания или сооружения, расположенные рядом с ними.

На наш взгляд, использование фибры в качестве армирующего элемента существенно улучшит прочностные характеристики буровых свай, придавая им дополнительные положительные качества, такие как трещиностойкость и водонепроницаемость. Армированная фиброй буронабивная свая вполне может стать конкурентоспособной благодаря дешевизне по сравнению со стержневой арматурой, а также высокой технологичности за счет сокращения времени ее изготовления.

1. Богов, С.Г. Опыт применения струйной технологии для закрепления слабых грунтов при реконструкции здания по ул. Почтамтская в г. Санкт-Петербурге / С.Г. Богов. С. С. Зуев // Сборник трудов научно-технической конференции СПбГАСУ. - СПб., 2010. - С. 80-86.
2. Ван Импе, В.Ф. Фундаменты глубокого заложения: тенденции и перспективы развития // Реконструкция городов и геотехническое строительство. № 9. - СПб., 2005. - С. 7-33.
3. Васильюк, Л.В. Вибропогружение шпунта вблизи существующих зданий в грунтовых условиях Санкт-Петербурга // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн. -техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 307-316.
4. Войлоков И.А. Применение фибры при изготовлении свай // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8(10). С. 6-8. DOI: 10.18720/MCE.10.6.
5. Гаврилов, А.Н. Комплекс изыскательских и исследовательских работ для проектирования нового строительства в условиях плотной городской застройки / А.Н. Гаврилов, Е.М. Грязнова, Р.Р. Старков // Основания, фундаменты и механика грунтов. № 6. - М., 2006. - С. 10-13.
6. Гурский, А. В. Учет влияния вдавливания шпунта на дополнительную осадку соседних зданий: канд. дис. СПб., 2016. - 133 с.
7. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник для вузов - М.: Стройиздат, 1981. - 319 с.
8. Дьяконов, И.П. Оценка несущей способности буронабивных свай с негабаритным наконечником // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 316-322.
9. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science 15 (2017) 4, 482. p. 518-523. База данных Scopus.
10. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронабивных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
11. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
12. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure// Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 76-81.
13. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P.70-74.
14. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P. 56-69.
15. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity// 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. База данных Web of Science.

16. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
17. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them// Журнал в базе данных Scopus-"Key Enginiring Materials". 2018. P.1-11.
18. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция //Строительные материалы. № 9. 2017. Стр. 47-50.
19. Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н., Федоров П. Ю. Использование буроинъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 66-70.
20. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании и строительных конструкции и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (13 Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Д. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014. С.415-420.
21. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. Патент на полезную модель RU 161650 U1,27.04.2016. Заявка 2015126316/03от01.07.2015.
22. Соколов Н.С., Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены. Жилищное строительство. 2021. №12. С.23-27.
23. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов. Патент на изобретение RU2282936 С1, 27.08.2006. Заявка № 2005102864/09 от 04.02.2005.
24. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н, Соколов А.Н. Способ возведения набивной конструкции в грунте Патент на изобретение RU2605213 С1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.

РАЗДЕЛ XXVI. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Нуриева Л.И.

Информационно-цифровые решения в сфере бжд на отечественном производстве

Казанский государственный энергетический университет

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-675

Научный руководитель: Аверьянова Ю.А.

Аннотация

В настоящей работе, основанной на анализе источников научной литературы, предпринимается попытка исследования назначения, особенностей, основных возможностей, достоинств и примеров применения автоматизированных информационных технологий в области производственной безопасности, охраны труда и БЖД на отечественном промышленном производстве.

Ключевые слова: производственный сектор, безопасность жизнедеятельности, охрана труда, промышленная безопасность, автоматизированные решения, информационные технологии.

Abstract

In this work, based on an analysis of scientific literature sources, an attempt is made to study the purpose, features, main capabilities, advantages and examples of the use of automated information technologies in the field of industrial safety, labor protection and safety in domestic industrial production.

Keywords: manufacturing sector, life safety, labor protection, industrial safety, automated solutions, information technology.

Общеизвестно, что в настоящее время в эпоху стремительного развития научно-технического прогресса и ускоренной индустриализации проблемы безопасности жизнедеятельности (БЖД) играют большую роль в промышленно-производственном секторе экономики. Сегодня промышленные организации, предприятия и компании с целью повышения эффективности формирования безопасных условий трудовой деятельности персонала регулярно совершенствуют и улучшают принципы соблюдения правил по охране труда (ОТ) и производственной безопасности (ПБ). Специальные регулирующие и ответственные органы с этой же целью также нередко вносят изменения в соответствующую законодательно-нормативную базу [1].

Активное развитие сферы БЖД работников предприятий обусловлено также повышением факторов риска на производстве и увеличением объема документации по ОТ персонала и ПБ объектов в целом. Последняя тенденция актуализирует важность разработки и внедрения в производственно-промышленный сектор систем, предназначенных для ускорения обработки данных и увеличения показателей надежности ведения дел в сфере БЖД персонала. Данная необходимость в последние годы стала причиной возникновения процессов и процедур по переходу предприятий с традиционных методов управления документацией на автоматизированные информационно-цифровые [2], рассмотрению ключевых аспектов которых посвящается настоящая работа.

В текущий век цифровизации и глобализации многие промышленные компании используют типовые, разрабатывают самостоятельные, либо заказывают извне специальные решения по автоматизации процессов обеспечения безопасности жизнедеятельности и производства.

Существенная часть данной работы посвящена рассмотрению наиболее распространенных информационных решений и технологий в области ОТ и ПБ, применяемых на практике в отечественных предприятиях.

Сегодня такие крупные промышленные компании-гиганты и публичные акционерные общества, как «Газпром», «Лукойл», «Химпром», «Русал» внедряют в собственные филиалы и заводы производственного назначения специальные информационные системы управления в сфере БЖД, которые именуются ИСУ «ПБ и ОТ». Реализация технологий на базе последних соответствует требованиям и правилам действующей в стране нормативно-правовой базы, которая основывается на законах федерального уровня, постановлениях Правительства РФ и международных стандартах ISO, OHSAS. Основные достоинства и возможности ИСУ «ПБ и ОТ» представлены на рисунке 1 [3].



Рисунок 1. Достоинства и возможности ИСУ «ПБ и ОТ».

Следующим примером автоматизации процессов обеспечения БЖД на производстве следует назвать новое модульное решение компании VISITECH под названием «Производственный контроль». Функционирование их технологии базируется на интегрированной системе обеспечения безопасности работ. По заявлениям производителей, обозначенный модуль открывает возможности контроля всех задействованных на производстве промышленных и управленческих процессов с позиции реализации требований по ОТ и ПБ. Данное решение призвано оказать персоналу помощь в выявлении рисков, ведении учета происшествий, построении аналитики и оценке эффективности выполнения мероприятий профилактической направленности. Функциональные возможности технологии «Производственный контроль» многогранны. Кроме того, модуль характеризуется наличием возможности его настройки и расширения в зависимости от нужд промышленного предприятия [4].

В настоящее время более двухсот российских предприятий промышленных секторов применяют специальную информационную платформу контроля и управления ПБ под названием «MyObject», которая была разработана татарстанской компанией Living Core. Данная цифровая платформа представляет собой облачный сервис, предназначенный для ведения электронного документооборота в сфере отчетности по ОТ. Кроме того, MyObject позволяет:

- осуществлять формирование баз данных по опасным объектам и участкам производства;
- выделять риски в области БЖД на производстве;
- контролировать состояние задач по ПБ;
- управлять инфраструктурными элементами и компонентами производства;
- осуществлять мониторинг задач в сфере управления персоналом, работающим на опасных объектах;
- разрабатывать и внедрять на производственных объектах общее объединенное информационно-цифровое пространство для упрощения взаимодействия работников с техническими средствами и промышленными системами [5].

Следует отметить, что многие отечественные предприятия и организации занимаются сегодня разработкой собственных корпоративных автоматизированных информационных сред в области БЖД. Анализ таких мероприятий показывает, что их реализация весьма схожа

по своей структуре, процессам, процедурам, что позволяет выделить некоторые характерные содержательные элементы и этапы последних, которые представлены на рисунке 2 [6].

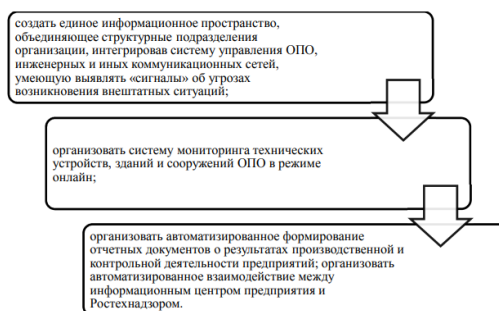


Рисунок 2. Ключевые мероприятия по внедрению информационных сред в сфере обеспечения БЖД работников промышленных предприятий [6].

По мнению исследователей, современные ИСУ в области БЖД на производстве должны включать в себя ряд обязательных подсистем [6, 7], которые представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Ключевые подсистемы ИСУ в области БЖД на производстве [6].

Таким образом, можно резюмировать, что использование современных автоматизированных информационно-цифровых технологий, средств, инструментов и решений, предназначенных для обеспечения надлежащей БЖД, ПБ и ОТ на промышленных объектах, позволяет предприятиям:

- получать достоверные данные об уровне ПБ и степени качества ее реализации;
- анализировать результаты расследований происшествий, аварий и инцидентов на производственных объектах;
- реализовывать процессы организации независимого мониторинга ПК;
- распространять среди персонала сведения об эксплуатации опасных промышленно-технических объектов на производстве;
- осуществлять идентификацию рисков и выявлять факторы возникновения опасных ситуаций, несчастных случаев.

Благодаря вышеперечисленным возможностям, представленных в работе информационных решений, отечественные предприятия сегодня на практике доказывают их эффективность и активно реализуют мероприятия по обеспечению безопасных условий БЖД на производстве. Ожидается, что такая тенденция сохранится и в будущем.

1. Кириллов Н.П., Молчанов С.В. Научно-правовой подход в обосновании "Безопасности жизнедеятельности" как науки и учебной дисциплины // Человек и образование. – 2020. – № 3 (64). – С. 33-38.
2. Рысина А.Д. Роль информационных технологий в безопасности жизнедеятельности человека // Энергия-2021 : Шестнадцатая всероссийская (восьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных. – Иваново: ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2021. – С. 55-59.
3. Губайдуллина А.Р. и др. Анализ основных факторов эффективности интегрированной системы управления промышленной безопасностью и охраной труда в нефтегазовой отрасли // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2019. – № 4. – С. 71-92.

РАЗДЕЛ XXVII. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Валюк А.С., Кузеев Д.Р.

Практика и перспективы применения различных способов сжигания твердого топлива в теплоэнергетических установках

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-676

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные современные способы сжигания твердого топлива в теплоэнергетических установках. Приведены описание и схемы работы установок при использовании разновидностей слоевого, вихревого и факельного способов сжигания. Также в статье представлена информация о преимуществах и недостатках этих технологий.

Ключевые слова: процесс сжигания, слой топлива, традиционные топки, ЦКС, теплоэнергетика, загрязнение окружающей среды, повышенные расходы, технологические процессы.

Abstract

This article discusses the main modern methods of solid fuel combustion in thermal power plants. The description and operation schemes of the installations using varieties of layered, vortex and flare combustion methods are given. The article also provides information about the advantages and disadvantages of these technologies.

Keywords: combustion process, fuel layer, traditional furnaces, CCS, thermal power engineering, environmental pollution, increased costs, technological processes.

Сегодня все больше и больше людей по всему миру предпочитают использовать твердое топливо в своих котельных установках. Это связано с ухудшением качества топлива и ограничениями, которые не позволяют использовать традиционные топки для сжигания низкосортных углей. В связи с этим, идет поиск способов улучшения процесса сжигания, который в свою очередь определяет конструкцию котла и его технологические, экономические и экологические показатели работы. Существуют четыре основных способа сжигания твердого топлива.

Слоевое сжигание топлива представляет собой наиболее древний метод сжигания твердого топлива. Обычно этот метод используется, чтобы сжигать куски топлива на решетке. Через нее подается воздух, чтобы поддерживать горение [1]. Существуют три разных типа топок: топки с неподвижной колосниковой решеткой и стационарным слоем топлива (ручные, полумеханизированные, с шурующей планкой); топки с неподвижной колосниковой решеткой и перемещающимся слоем топлива (наклонные, переталкивающие, шахтные); топки с движущейся решеткой и перемещаемым топливом (механизированные топки прямого и обратного хода). Такие теплоэнергетические установки довольно дешевы и можно легко регулировать мощность. Но есть и недостатки, например, нельзя использовать спекающиеся угли и угли с легкоплавкой золой, а также есть проблемы с расходом топлива и загрязнением окружающей среды. Большинство городских котельных используют слоевое сжигание с немеханизированными топками и ручным забросом топлива. Они часто не имеют систем пылегазоочистки и оборудованы низкими дымовыми трубами, что ухудшает экологическую обстановку. В развитых странах применение высококачественных углей считается наиболее дешевым способом снижения выбросов в атмосферу. В России ограничения на топливо для слоевого сжигания не такие строгие.

В современной теплоэнергетике все больше используют технологии сжигания твердого топлива в кипящем слое [2]. Этот способ сжигания имеет ряд преимуществ. Он позволяет эффективно использовать не только традиционное топливо, но и промышленные и бытовые отходы. Котлы с установкой кипящего слоя также являются экологически чистыми, так как практически исключается образование вредных веществ. Установки с кипящим слоем имеют некоторые недостатки, такие как высокие капитальные затраты и сложность технологических процессов. В циркулирующих кипящих слоях (ЦКС) топках сжигание похоже на стационарные кипящие слои. Но в котлах с ЦКС есть устройства, позволяющие улавливать золу и возвращать материал в топку, что стабилизирует температуру и уровень выбросов. Технология ЦКС может использоваться для сжигания разных видов топлива, но это может привести к трудностям. В ЦКС топках можно снизить количество точек ввода топлива и расширить интервал изменения тепловых нагрузок. Но есть и недостатки, такие как высокие эксплуатационные требования и повышенные расходы электроэнергии.

Факельное сжигание топлива - высокотехнологичный способ, который осуществляется в специальной камере с помощью пылевых горелок. Воздух с предварительно измельченным топливом подается в камеру, где происходит смешивание и зажигание. Важность конструкции горелок для работы пылеугольных топок необходимо учитывать. Горелки должны обеспечивать эффективное смешивание топлива с воздухом, надежное зажигание и удобную регулировку производительности. Современные технологии развивают двухступенчатое факельное сжигание для снижения выбросов оксидов азота [3]. Этот метод заключается в подаче части воздуха в промежуточную зону факела, где кислород уже частично израсходован. Это позволяет сгоранию проходить в атмосфере с низким содержанием кислорода, что приводит к образованию безвредного молекулярного азота. Преимущества и факельного и ступенчатого сжигания в том, что можно использовать практически любой вид угля, включая низкокачественный, который сложно сжигать в слое. Эффективное смешение топлива и воздуха - залог работы с минимальным избытком воздуха. Главный недостаток факельного сжигания - необходимость специальной подготовки топлива, что делает технологический процесс более дорогостоящим. Важно учитывать, что влажность и зольность топлива существенно влияют на надежность зажигания смеси и энергопотребление. На котлах отечественного производства, оснащенных системой факельного сжигания, возможно увеличение избытка первичного воздуха в результате прососа холодного воздуха через уплотнительные узлы мельниц.

Вихревое сжигание - технологичный способ сжигания топлива, разработанный в СССР в 30-х годах. Вихревой поток воздуха позволяет сжигать топливо во взвешенном состоянии, обеспечивая максимальное сгорание угольных частиц и высокую степень улавливания золы [4-5]. Этот метод также снижает выбросы вредных веществ и повышает полноту сгорания.

Стабилизация горения в вихревых топках обеспечивается направлением горячих продуктов сгорания в корень факела, что позволяет надежно воспламенить его при низкой температуре. С помощью тангенциального ввода потоков дутья мы создаем вихревое течение, которое обеспечивает глубокое выгорание топлива и стабильность горения. Это значит, что горячие продукты сгорания смешиваются с вводимыми потоками, что повышает эффективность процесса. Активная вихревая аэродинамика, создаваемая тангенциальной подачей угля, помогает глубокому сжиганию летучих и продуктов сгорания, снижая эмиссию вредных веществ и обеспечивая активное перемешивание. Благодаря этой технологии, время нахождения твердых частиц в зоне горения увеличивается, что снижает вредные выбросы и повышает полноту сгорания топлива.

Вихревое сжигание - простое в обслуживании и реализации решение, которое можно легко внедрить на действующих топках с факельным сжиганием или сжиганием в кипящем слое. Его преимущества включают в себя самоочистку поверхностей нагрева, взрывобезопасность и низкие эксплуатационные затраты. Однако, он не подходит для топлив с низкой температурой плавления золы и может нарушаться при изменении характеристик топлива. Современные тенденции в технологиях сжигания твердого топлива: интеграция

передовых систем управления для повышения эффективности и сокращения выбросов, использование биомассы и отходов как альтернативного топлива. Будущие перспективы: более устойчивые и экологически чистые процессы сгорания, технологии улавливания и хранения углерода, исследование современных материалов для повышения эффективности и долговечности. Внимание также уделяется децентрализованному производству энергии через сжигание твердого топлива, что стимулирует исследования и инновации в области небольших и модульных систем сжигания.

Рост потребления твердого топлива в котельных установках вызван ухудшением качества топлива и ограничениями традиционных топок. Существуют 4 основных способа сжигания твердого топлива. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, включая экономические и экологические аспекты. Усовершенствованные процессы сгорания и улучшенная конструкция котлов могут привести к повышению энергоэффективности, сокращению выбросов и лучшему использованию низкосортного твердого топлива, способствуя созданию устойчивых энергетических решений.

1. Каменецкий Б.Я. / Расчет теплообмена в топках котлов при слоевом сжигании топлива // Теплоэнергетика. 2008. № 5. С. 75 - 77.
2. Бурдуков А.П., Матузов С.В. / Сжигание отходов углепереработки в котле кипящего слоя // Уголь. 2012. № 12. С. 69 - 72.
3. Архипов А.М., Путилов В.Я. / Ступенчатое факельное сжигание кузнецких углей на ТЭС // Теплоэнергетика. 2009. № 8. С. 52 - 57.
4. Багрянцев В.И., Казимиров С.А., Куценко А.И., Подольский А.П., Рыбушкин А.А., Тем лянцев М.В. / Практика и перспективы использования твердых углеродсодержащих отходов в качестве топлива для теплоэнергетических агрегатов // Вестник СибГИУ. 2013. № 3. С. 33 – 38
5. Нгуен Д.Т. Оценка показателей эффективности паротурбинных мини-ТЭС, работающих на угле / Д.Т. Нгуен, Д.Н. Фам, Г.Р. Мингалеева // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2019. – Том 21, № 3-4 – С. 79-89.

Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М.

Влияние влажности пластика на изделия изготовленные с помощью аддитивных технологий методом послойного наплавления

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-677

Аннотация

В данной статье рассматривается влияние влажности пластика на качество изделий, изготовленных по технологии 3D-печати, и изучаются методы их сушки. Исследование подчеркивает, что влажность является критическим фактором, существенно влияющим на механические свойства, точность и внешний вид печатных изделий. В работе описываются типичные дефекты, возникающие при использовании влажного пластика, включая плохую адгезию слоев, пористость, воздушные пузыри, неровности и деформации. Особое внимание уделяется гигроскопичным материалам, таким как нейлон, PVA, TPU/TPE, ABS и PLA, которые наиболее подвержены впитыванию влаги.

Ключевые слова: 3D-печать, влажность пластика, сушка пластика, FDM, гигроскопичность материалов, дефекты 3D-печати, качество 3D-печати.

Abstract

This article examines the impact of plastic moisture on the quality of products manufactured using 3D printing technology and explores their drying methods. The study emphasizes that moisture is a critical factor significantly affecting the mechanical properties, accuracy, and appearance of printed items. The work describes typical defects arising from the use of moist plastic, including poor layer adhesion, porosity, air bubbles, irregularities, and deformations. Special attention is given to

hygroscopic materials such as nylon, PVA, TPU/TPE, ABS, and PLA, which are most susceptible to moisture absorption.

Keywords: 3D printing, plastic humidity, plastic drying, FDM, hygroscopicity of materials, 3D printing defects, quality of 3D printing.

Введение

3D-печать активно развивается и находит применение в самых разных отраслях — от промышленного производства до медицины. Однако качество печати значительно зависит от свойств исходных материалов, в частности, от влажности пластика. Влажность может существенно повлиять на механические свойства, точность и внешний вид изделий. Именно поэтому понимание и контроль влажности пластика является критически важным аспектом для улучшения качества и надёжности 3D-печатных изделий.

Основной целью данного исследования является изучение влияния влажности на качество 3D-печатных изделий и разработка рекомендаций по методам сушки пластика. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: определить, как влажность влияет на различные типы пластиков и процесс печати, изучить методы сушки и их эффективность, а также определить оптимальные условия хранения материалов для 3D-печати.

Обзорная часть

На основе опыта работы в сфере аддитивных технологий, а также на результатах напечатанных изделий от независимых изготовителей произведем обзор наиболее часто встречающихся дефектов:

- Плохая адгезия слоев.
- Влажный пластик может приводить к плохой адгезии между слоями, что уменьшает прочность и долговечность изделия;
- Пористость и воздушные пузыри.
- Влага в пластике при нагревании превращается в пар, создавая внутренние напряжения и поры в материале, что снижает его механические свойства;
- Неровности и деформации.
- Из-за неравномерного испарения влаги поверхность изделия может стать шероховатой или деформироваться;
- Изменение цвета и прозрачности.
- У некоторых типов пластика избыток влаги может привести к изменению цвета или снижению прозрачности.

Некоторые типы пластиков более подвержены влагопоглощению, что делает их особенно чувствительными к качеству хранения и необходимости сушки. Рассмотрим их более подробно:

- PLA считается одним из менее гигроскопичных материалов для 3D-печати. Однако даже небольшое количество влаги может привести к проблемам с печатью, поэтому рекомендуется хранить его в сухом месте;
- PETG имеет среднюю степень гигроскопичности. Он может впитывать влагу из воздуха, что может повлиять на прозрачность и свойства печати. Сушка перед печатью может улучшить результаты;
- ABS имеет среднюю гигроскопичность и может впитывать влагу, что влияет на адгезию слоев и общее качество печати. Для получения наилучших результатов рекомендуется сушка;
- Гибкие материалы, такие как TPU и TPE, обычно более гигроскопичны, чем жесткие пластики. Влага может значительно влиять на их эластичность и прочность, поэтому важно обеспечить их сушку и хранение в сухих условиях;

- Нейлоновые материалы, включая PA12, известны своей высокой гигроскопичностью. Они быстро впитывают влагу, что может существенно изменить их механические свойства и качество печати;
- PVA особенно гигроскопичен и используется в 3D-печати в основном как растворимый материал для опорных конструкций. Он очень быстро впитывает влагу, что может привести к его разложению даже в процессе печати. Тщательная сушка и герметичное хранение критически важны для поддержания его свойств;

Понимание характеристик каждого материала и способов управления влажностью позволит оптимизировать процесс 3D-печати и повысить качество готовых изделий.

1. Сушка пластика

Время сушки филамента для 3D-печати варьируется в зависимости от нескольких факторов, включая влажность катушки, уровень влажности в помещении и температуру, при которой происходит сушка. Поэтому не существует универсальных указаний по времени сушки для каждого типа филамента. Вместо этого могут быть предложены ориентировочные временные рамки. Так, для монофиламентов (однородных материалов, не содержащих добавок) обычно достаточно от 3 до 12 часов сушки, хотя могут встречаться исключения. Композитные материалы, содержащие дополнительные компоненты, обычно требуют вдвое больше времени для сушки по сравнению с не композитными аналогами. Однако точное время может варьироваться. Кроме того, нет верхнего предела времени сушки — филамент может оставаться в сушилке столько времени, сколько необходимо, даже если это означает неделю или более, без риска повреждения материала. Температура сушки материала представлена в таблице.

Таблица 1

Температура сушки материала.

Материал	Температура, °C
PLA	45
PETG	70
ABS	85
TPU/TPE/FLEX	60
PA12	90
PVA	50

Для обеспечения оптимального качества 3D-печати необходимо тщательно подходить к процессу сушки филаментов, учитывая их чувствительность к влаге. В зависимости от имеющихся условий и требований к точности, можно выбрать различные методы для эффективного удаления влаги из пластиков. Каждый из методов имеет свои особенности и подходит для различных сценариев использования:

- Сушильные шкафы. Специализированные устройства для сушки филаментов, обеспечивающие равномерный нагрев и циркуляцию воздуха.
- Печи с терморегуляцией. Можно использовать для сушки пластика при строгом контроле температуры.
- Силикагель и вакуумные пакеты. Для хранения филаментов можно использовать силикагель, который поглощает влагу, и вакуумные пакеты для минимизации контакта с воздухом.
- Домашние методы.

Некоторые используют обычные домашние печи или даже сушилки для овощей, однако эти методы требуют осторожности и точного контроля температуры.

Правильная сушка пластика перед печатью может значительно улучшить качество и свойства изделий. Важно учитывать индивидуальные характеристики каждого типа пластика, а также иметь подходящее оборудование и тщательно контролировать параметры сушки. Следуя этим рекомендациям, можно минимизировать дефекты, связанные с влажностью, и повысить общую эффективность процесса 3D-печати.

Заключение

В ходе данного исследования было изучено влияние влажности пластика на качество и характеристики 3D-печатных изделий. Была выявлена зависимость высокой влажности пластика и наличием следующих дефектов: плохая адгезия слоев, пористость, воздушные пузыри, неровности и деформации, а также изменение цвета и прозрачности. Эти дефекты могут значительно снизить механические свойства и эстетическую привлекательность изделий.

Для достижения наилучших результатов в 3D-печати необходимо не только выбрать правильный филамент, но и обеспечить его идеальное состояние до начала печати. Ключевым элементом в подготовке материала является процесс сушки, который должен быть тщательно спланирован и выполнен. Вот несколько важных аспектов, которые следует учитывать при подготовке филамента к печати:

- Выбор метода сушки. Определите, какой метод сушки наиболее подходит для вашего типа пластика и доступного оборудования. Разные материалы требуют различных подходов, и правильный выбор гарантирует сохранность их свойств.
- Контроль параметров сушки. Температура и время сушки должны быть строго соблюдены для каждого типа пластика. Слишком высокая температура может повредить материал, в то время как недостаточная сушка оставит влагу в филаменте, что приведет к плохим результатам печати.
- Условия хранения. После сушки пластик следует хранить в сухих условиях, чтобы предотвратить повторное поглощение влаги. Использование силикагеля или вакуумных пакетов может значительно улучшить условия хранения и продлить срок службы материала.
- Регулярный контроль состояния. Перед каждой печатью важно проверять состояние филамента. Особое внимание следует уделить материалам, которые долго хранились или подвергались воздействию влажной среды. Такая проверка поможет избежать нежелательных сюрпризов в процессе печати.

1. Свиридов А.С., Краснящих К.А., Обоснование условий хранения термопластиков // Наука без границ, 2018, С.69-73.
2. Низин Д.Р., Низина Т.А., Марьянова А.В., Миронов Е.Б. Влагопоглощение 3d-печатных образцов petg-пластика // Вестник МГСУ, 2023, С. 1078-1088.
3. Дожделев А.М., Лаврентьев А.Ю. Обзор расходных материалов для 3D печати методом послойного наплавления // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2019

Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М.

Исследование влияния скорости печати на качество и точность изделий, изготовленных по технологии FDM 3D-печати

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-678

Аннотация

В данной статье рассматривается влияние скорости печати на качество и точность изделий, производимых с использованием технологии FDM (Fused Deposition Modeling).

Анализируются ключевые параметры, включая плотность заполнения, количество периметров, слои крышки и основания, ширину линии экструзии, высоту слоя, линейную скорость экструдера и ускорения. Освещаются проблемы и ограничения, возникающие при печати, и представляются решения для увеличения скорости печати без значительной потери качества. Статья направлена на поиск оптимального баланса между скоростью и качеством для улучшения эффективности и экономичности процесса 3D печати.

Ключевые слова: 3D-печать, FDM, скорость печати, объемный расход, дефекты 3D-печати, качество 3D-печати, линейная скорость.

Abstract

This article examines the impact of printing speed on the quality and accuracy of products manufactured using FDM (Fused Deposition Modeling) technology. Key parameters are analyzed, including filling density, number of perimeters, cover and base layers, extrusion line width, layer height, linear extruder speed and accelerations. The problems and limitations encountered in printing are highlighted, and solutions are presented to increase printing speed without significant loss of quality. The article is aimed at finding the optimal balance between speed and quality to improve the efficiency and cost-effectiveness of the 3D printing process.

Keywords: 3D printing, FDM, printing speed, volume flow, 3D printing defects, 3D printing quality, linear speed.

Введение

В 3D печати часто принято оценивать скорость принтера по скорости перемещения экструдера (мм/с) во время печати. Однако это не дает полной картины реальной скорости печати. Для более точной оценки следует учитывать параметры, влияющие на время печати, включая плотность заполнения, количество периметров, слоев крышки и основания, ширину линии экструзии, высоту слоя, линейную скорость экструдера и ускорения.

На примере кубика с гранью 40мм рассмотрим влияние скорости перемещения и ускорения на время печати. Ширина линии 0.4мм, высота слоя 0.2мм, 3 периметра, заполнение 30%. Значения будем изменять от 40 до 120 мм/с с шагом 20мм/с для скорости и от 500 до 10000 мм/с² для ускорения.

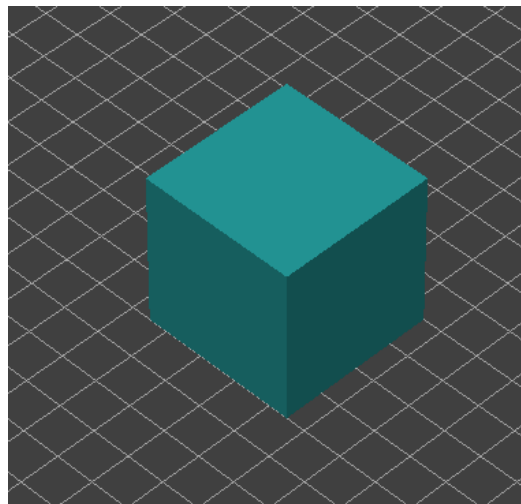


Рисунок 1. 3D модель 40мм куба.

На основе экспериментальных данных оставим график зависимости времени печати от скорости и ускорения, чтобы наглядно проиллюстрировать их зависимость.

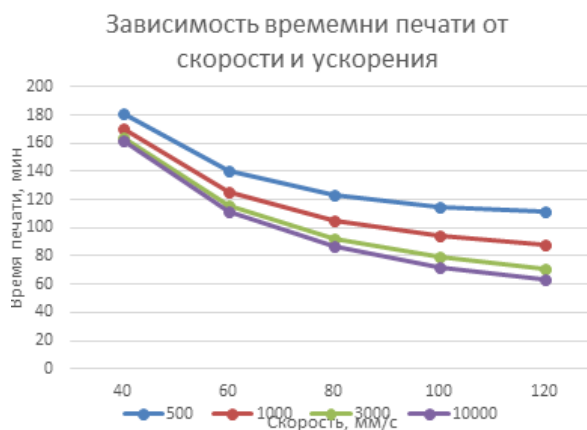


Рисунок 2. График зависимости времени печати от скорости и ускорения.

По графику видно, что при одинаковой скорости разница времени печати может отличаться в 2 раза. Это связано с необходимостью разгона экструдера которое зависит от ускорения. На рисунках ниже представлен график скорости от расстояния:

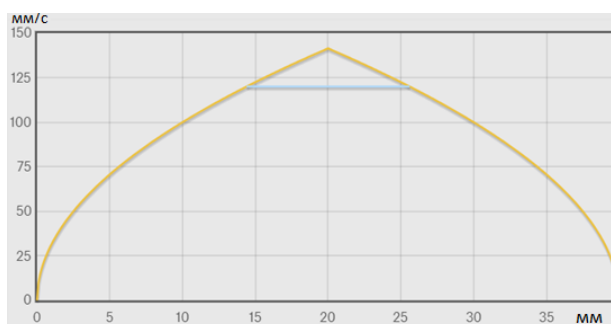


Рисунок 3. График скорости при ускорении 500 мм/с^2 на расстоянии 40 мм.

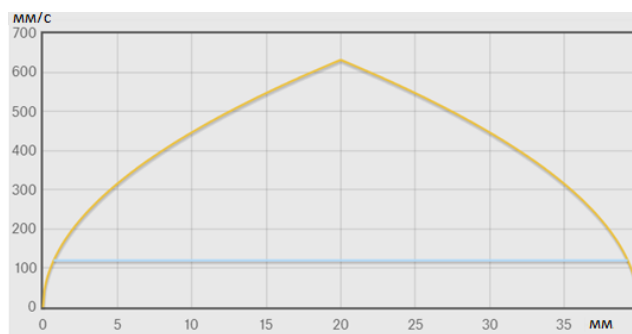


Рисунок 4. График скорости при ускорении 10000 мм/с^2 на расстоянии 40 мм.

На рисунках 3 и 4 оранжевой линией показана максимальная скорость, голубой заданная скорость в 120 мм/с . Из этого можно сделать вывод, что при низких ускорения в 500 мм/с^2 для достижения скорости в 120 мм/с необходимо пройти 14 мм пути. Это означает что несмотря на установку высокой скорости на коротких участках она не будет достигнута, что приведет к увеличению времени печати. Для сравнения на рисунке 4 представлен график с теми же значениями длины и заданной скорости но с ускорением в 10000 мм/с^2 благодаря чему на разгон уходит около 1мм.

Проблемы и ограничения

При печати на 3D-принтерах типа FDM, важно учитывать различные параметры, которые могут влиять на качество и точность изделия. Каждый из этих параметров имеет свои ограничения и проблемы, которые могут существенно влиять на конечный результат. Понимание и учет этих факторов позволяют оптимизировать процесс печати и достигать желаемых характеристик продукции.

Одним из таких параметров является ширина линии экструзии. Она напрямую связана с диаметром сопла и обычно не превышает 120% его диаметра. Это означает, что увеличение ширины линии для ускорения процесса печати ограничено физическими размерами сопла. Превышение этого предела может привести к нестабильной экструзии и ухудшению качества поверхности изделия.

Высота слоя также прямо влияет на детализацию изделия в целом. Хотя увеличение высоты слоя может существенно сократить время печати, это также уменьшает детализацию и может негативно сказаться на адгезии между слоями, особенно при работе с материалами, плохо спекающимися между слоями. Таким образом, необходим баланс между скоростью и качеством поверхности.

Одним из ключевых параметров, наиболее влияющих на скорость печати, является линейная скорость экструдера. Однако ее увеличение ограничено возможностями механики принтера, ускорением и объемным расходом экструдера. Слишком высокая линейная скорость может привести к недостаточной адгезии материала, низкой прочности изделия и дефектам поверхности, особенно при печати материалов с низкой межслойной адгезией.

Сопоставимо со скоростью, ускорение экструдера также влияет на время, которое требуется для изменения скорости движения. Максимально возможное ускорение ограничено механикой принтера. Слишком высокие значения могут привести к вибрациям и шуму, а также к ухудшению точности печати. При увеличении ускорения могут возникать дефекты, такие как "эхо" и выпирающие углы, что требует использования программных методов для коррекции.

Объемный расход определяет, сколько материала экструдер может выдавить за единицу времени. Он ограничен конструкцией экструдера, температурой нагреваемой области и производительностью подающего механизма. Увеличение объемного расхода требует повышения температуры экструзии для обеспечения достаточной текучести материала, что может влиять на его свойства и снижать качество изделия.

Понимание и грамотное управление этими параметрами позволяет оптимизировать процесс печати, достигая необходимого баланса между скоростью и качеством изделий. При этом следует учитывать как общие ограничения технологии FDM, так и специфические требования к конкретному изделию или используемому материалу.

Решения для увеличения скорости печати

Для увеличения скорости печати на 3D-принтерах необходим комплексный подход, который включает оптимизацию как настроек печати, так и самого оборудования. На основе описываемых проблем и ограничений рассмотрим различные стратегии и примеры оптимизаций, которые помогут ускорить процесс печати без значительной потери качества изделий.

- Уменьшение объема детали: Сокращение процента заполнения и толщины стенок помогает уменьшить время печати и расход материала. Это особенно актуально для деталей, где внутренняя прочность не является критической.
- Увеличение объемного расхода принтера: Использование более длинных нагревательных блоков и методы увеличения площади поверхности нагревательной области позволяют увеличить температуру и объемный расход, что в свою очередь ускоряет печать.
- Оптимизация для крупных деталей: Увеличение ширины и высоты слоя, а также диаметра сопла позволяет быстрее печатать крупные детали с низкой детализацией.
- Улучшенное заполнение: Печать не каждого слоя заполнения, а объединение нескольких слоев позволяет ускорить процесс при сохранении достаточной прочности и детализации.

Применение этих стратегий в различных комбинациях и адаптация к конкретным задачам и материалам позволяет значительно увеличить скорость печати, оптимизируя при этом качество и экономичность процесса.

Заключение

Наиболее точная оценка скорости печати 3D-принтера достигается через анализ его объемного расхода пластика, учитывая фиксированные значения диаметра сопла, ширины линии и высоты слоя. Помимо скорости и ускорения перемещения экструдера, важно учитывать качество и прочность получаемого изделия, которые могут существенно варьироваться в зависимости от выбранных параметров печати. Решения для увеличения скорости должны также включать улучшения в механике и программном обеспечении принтера, а также адаптацию к специфическим свойствам используемых материалов для достижения оптимальных результатов.

1. Мартыянова А.В., Миронов Е.Б., Низин Д.Р., Низина Т.А., Влияние технологических режимов на упруго-прочностные характеристики FDM-печатных образцов//Огарёв-Online, 2022, 7с.
2. Андрушкин А.Ю., Буцикин Е.Б., Ли Чжэньнин, Влияние скорости 3D-печати аддитивной установки по FDM-технологии на точность изделия// Аэрокосмическая техника и технологии, 2023, С. 118-129.
3. Кондрашов С.В., Пыхтин А.А., Ларионов С.А., Сорокин А.Е., Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей, Труды ВИАМ, 2019, С.34-49.

Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М.

Определение оптимального времени воздействия паров ацетона при обработке изделий из ABS пластика

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-679

Аннотация

В рамках данной статьи выявляется оптимальное время химической обработки ацетоном изделия «Колпак распылительной камеры», изготовленного при помощи аддитивных технологий методом послойного наплавления. В ходе экспериментальной части были проведены три итерации обработки с изменением выдержки опытных образцов под воздействием паров растворителя, а также проанализированы результаты.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, послойное направление, химическая обработка, постобработка, ABS-пластик, FDM-печать.

Abstract

Within the framework of this article, the optimal time for chemical treatment with acetone of the product "Spray chamber cap", manufactured using additive technologies by the method of layered deposition, is revealed. During the experimental part, three processing iterations were carried out with a change in the exposure of experimental samples to solvent vapor, and the results were analyzed.

Keywords: additive technologies, 3D printing, layering, chemical processing, post-processing, ABS plastic, FDM printing.

Введение

С увеличением развития аддитивных технологий появляются множество решений в области постобработки полученных изделий. Одним из таких методов постобработки является химическая обработка поверхностных слоев. Данный метод позволяет увеличить прочностные характеристики изделия, уменьшить шероховатость наружных слоев и повысить износостойкость. Суть данного метода заключается в воздействии характерного для конкретного полимера паров растворителя на деталь в замкнутом объеме. Однако при использовании данной методики очень сложно оценить влияние паров растворителя на изделие, что требует постоянной проверки качества поверхности и делает процедуру трудоемкой.

Таким образом целью данного исследования является выявление оптимального времени воздействия паров растворителя на изделия, изготовленного методом послойного наплавления.

Практическая часть

В качестве образца для проведения исследования был сделан выбор в пользу изделия «Колпак распылительной камеры».

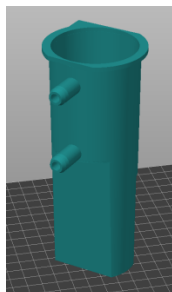


Рисунок 1. 3D-модель изделия «Колпак распылительной камеры».

Данный выбор обусловлен наличием у изделия достаточно сложной геометрии, что в дальнейшем поможет оценить воздействие паров на каждый сегмент изделия по отдельности.

В качестве материала для изготовления детали был использован черный ABS пластик от компании НИТ. Воздействовать же на поверхность изделия будут пары ацетона, поскольку именно данный растворитель обладает достаточной летучестью. В качестве технологического оборудования был использован 3D-принтер Ender-3 с самодельной пассивной термокамерой. Режимы печати были выбраны оптимальные для данного пластика и рекомендуемые изготовителем, а конкретно: температура экструдера 280°C, температура стола 110°C градусов, обдув выключен, скорость печати 90 мм/с.

Исследование будет проводится в пассивной ацетоновой бани, из чего следует что на процесс образования паров ацетона не будут влиять специально установленные внешние факторы (такие как нагрев бани). Соответственно выделение паров будет происходить самостоятельно, и их количество будет зависеть от летучести растворителя. Ацетоновая баня состоит из специального резервуара, размеры которого позволяют поместить обрабатываемое изделие с запасом 6мм от торцов и боковин. По периметру резервуара, охватывая всю его высоту, располагается впитывающий слой. Он впитывает ацетон по всей своей площади что позволяет увеличить процесс парообразования и увеличить однородность паров.

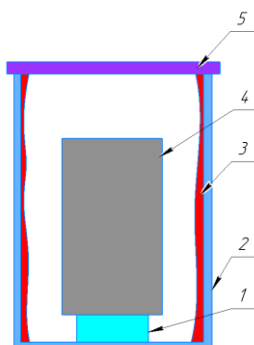


Рисунок 2. Схема ацетоновой бани.

1 – «подставка», 2 – «резервуар», 3 – «впитывающий слой», 4 – «изделие», 5 – «крышка с уплотнением».

Описание хода эксперимента

Для получения выборки данных материалы для эксперимента были изготовлены в количестве трех штук каждый. Методология проведения испытаний состоит из следующих пунктов:

- В каждый резервуар с ацетоновой баней наливается фиксированное количество растворителя объемом 100мл;
- Для пропитки впитывающего слоя ацетоновая баня прокручивается 3-5 раз по своей продольной оси в горизонтальном положении;
- В резервуары, на специальную подставку, помещаются испытуемые образцы, после чего закрывается крышка резервуара со специальным уплотнительным кольцом, препятствующее попадание паров ацетона во внешнюю среду;
- Каждый образец находится в ацетоновой бане в соответствии с четкими временными рамками, которые представлены в таблице;
- По окончании отведенного времени крышка ацетоновой бани открывается, после чего избыток паров удаляется из активной зоны, тем самым приостанавливая процесс насыщения поверхностных слоев;
- Образцы вынимаются и помещаются в сухое темное место при комнатной температуре.

Таблица 1

Параметры обработки каждого образца.

Образец, №.	Время обработки, t мин.
1	20
2	40
3	60

Анализ результатов эксперимента

В качестве контрольного образца, по которому будет производиться оценка степени обработки внешней поверхности изделия, будет выступать колпак, который не подвергался химической обработке.



Рисунок 3. Контрольный образец.

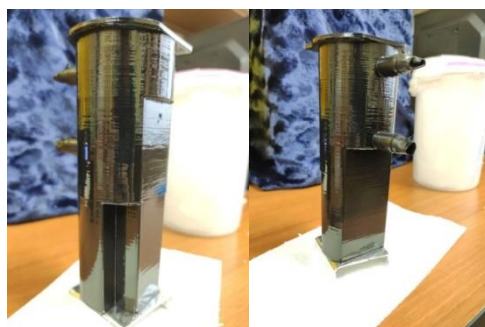


Рисунок 4. Результат обработки образца 1.

Наблюдается ярко выраженная шероховатость слоев, поверхность глянцевая. Подтеки, коробления, вызванные результатом обработки не наблюдаются. Степень сохранения габаритных размеров высокая.

Результат обработки первого образца нельзя назвать удовлетворительным, поскольку качество поверхности практически не изменилось. В данном конкретном случае очевидно, что время обработки равное 20 минутам не достаточно для полной обработки поверхности изделия.

Образец 2



Рисунок 5. Результат обработки образца 2.

Поверхность гладкая, глянцевая. Подтеки, коробления, вызванные результатом обработки не наблюдаются. Степень сохранения габаритных размеров средняя, отклонения от исходных размеров незначительные (0.02-0.07 мм). Наблюдается характерная волнистость поверхности в зоне скруглений, вызванная особенностью изготовления изделия.

Результат обработки второго образца можно назвать удовлетворительным, поскольку качество поверхности значительно отличается от контрольного образца. Исходя из вышеперечисленного можно сказать что время обработки равное 40 минут достаточно для получения поверхности хорошего качества.

Образец 3



Рисунок 6. Результат обработки образца 3.

Поверхность шероховатая, глянцевая. Наблюдаются подтеки и коробления, вызванные результатом обработки. Степень сохранения габаритных размеров низкая, отклонения от исходных размеров значительные (0.2-0.5 мм). Наблюдаются характерные

кратеры, вызванные перенасыщением паров ближе к основанию изделия, а также пятна от конденсата растворителя.

Результат обработки второго образца нельзя назвать удовлетворительным, поскольку качество поверхности значительно хуже, по сравнению с другими образцами. Исходя из вышеперечисленного можно сказать что время обработки равное 60 минут является недопустимым при заданных параметрах.

Заключение

Сравнив все полученные экспериментальные данные был сделан вывод об оптимальном соотношении времени обработки в ацетоновой бане изделия, в зависимости от количества ацетона. Таким образом для достижения глянцевої поверхности высокого качества достаточно выдержать изделие на протяжении сорока минут. Однако стоит отметить, что полученные в ходе эксперимента данные справедливы только в рамках данного исследования, поскольку при изменении объема камеры ацетоновой бани, объема изделия и количества ацетона, изменится и время обработки, поскольку эти параметры имеют прямую зависимость.

1. Езерская А.А., Пивовар М.Л. Определение оптимальных условий постобработки изделий, полученных при 3D-печати // Вестник Витебского государственного медицинского университета, 2019. С. 96-101.
2. Цыбрий И.К., Бачинский А.С., Корольков Ю.В. Влияние ацетонирования на состояние поверхности изделий из АБС-пластика // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2015
3. Якубович Д.И., Васеничева А.В., Снижение шероховатости поверхности изделий из пластика abs, полученных методом аддитивных технологий // Вестник Белорусско-Российского университета, 2021. С. 99-107.

Лайша А.К., Лисин М.С., Фомкин И.В., Пичугин Е.А. Модернизация ударного стенда УСП-5

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-680

Аннотация

В данной статье рассматривается один из вариантов модернизации ударного стенда УСП-5. Согласно техническому заданию, ударный стенд оснащен пневматическим приводом, который используется для задания высоты подъема ударного механизма. Использование пневматического привода подразумевает также подвод к стенду не только электрической линии питания, но и пневматической, что образует лишние затраты и неудобства при его монтаже.

Ключевые слова: автоматизация, машиностроение, модернизация, ударный стенд, проектирование нестандартного оборудования, Autodesk Inventor, робототехника.

Abstract

This article discusses one of the options for upgrading the USP-5 impact stand. According to the technical specification, the impact stand is equipped with a pneumatic actuator, which is used to set the lifting height of the impact mechanism. The use of a pneumatic drive also implies the supply of not only an electric power line to the stand, but also a pneumatic one, which creates unnecessary costs and inconveniences during its installation.

Keywords: automation, mechanical engineering, modernization, impact stand, design of non-standard equipment, Autodesk Inventor, robotics.

Техническое задание

На предприятии разработан и выпускается ударный стенд модели УСП-5. Согласно техническому заданию, в текущей варианте конструкции используется пневматический привод для задания высоты подъема ударного механизма. Использование пневматических

механизмов связано с необходимостью подвода к стенду кроме электропитания, также и пневмомагистрали. Оптимальным для данного изделия было бы использование только электропитания. Характеристики ударного стенда УСП-5 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики ударного стенда УСП-5.

<i>Ударный стенд УСП-5</i>	
<i>Наименование характеристики</i>	<i>Значение</i>
<i>Нагрузка, кг.</i>	5
<i>Количество ударов в минуту</i>	1 - 80
<i>Длит. Удар. Импульса, мс.</i>	До 25
<i>Макс. Ускорение до, g</i>	2000
<i>Размер стола, мм.</i>	155x155x155
<i>Габаритные размеры стенда, мм.</i>	350x1250x1070
<i>Вес, кг.</i>	120
<i>Электропитание</i>	1/1/PE AC 220В±10%/50Гц
<i>Сжатый воздух</i>	6 бар 260л/мин.

Таким образом согласно техническому заданию необходимо проработать замену пневматического привода стенда УСП-5 на полностью электрический.

Анализ существующей конструкции

Как описывалось ранее, пневматический привод требует подвода не только пневмомагистрали, но а также электрического питания. Зачастую для подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр используется компрессор, который потребляет значительное количество электроэнергии. Помимо этого, оснащение лабораторий пневмомагистралями не всегда возможно и не всегда экономически целесообразно, поскольку вывод персональной пневмомагистрали для одной единицы оборудования может быть дорогостоящим процессом.

Конструкция ударного стенда УСП-5 предполагает использование энергии сжатого воздуха для подъема рычага стола на определенный угол вверх, после чего воздух из пневмоцилиндра спускается и стол падает на ответную часть/площадку с промежуточной прокладкой.



Рисунок 1. Рычаг поворотный.



Рисунок 2. Пневмопривод поворотного рычага.

Таким образом в ходе анализа конструкции станда, необходимо рассчитать параметры крутящего момента электродвигателя, а также разработать механизм передачи крутящего момента на рабочий орган станда.

Предлагаемое решение

Целесообразнее всего решать данную задачу с конечного элемента (рабочего органа) конструкции. Необходимо обеспечить максимальную скорость работы станда равную 80 ударам в минуту, а также крутящий момент исходя из массы рычага и массы максимальной нагрузки.

Предлагаемое решение должно распространяться только на приводную систему станда. Все остальные конструктивные элементы должны остаться без изменений.

Предлагается использовать кулачковый механизм в качестве основного элемента конструкции для преобразования полного вращательного движения в движение по дуге.

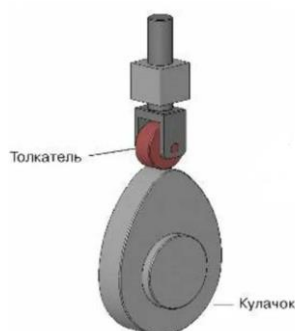


Рисунок 3. Принцип работы кулачкового механизма.

Поскольку основным движением рабочего органа является его свободное падение с определенной высоты, то в случае использования электропривода не целесообразно выключать его при каждом ударном цикле, так как это усложнит управление системы в целом. Помимо этого, при вращении вала электродвигателя возникает обратная ЭДС самоиндукции, что повлечет за собой возникновение реактивных обратных моментов в ЭД, что не обеспечивает условие свободного падения. Применение муфты для отключения рабочего органа от вала ЭД также не целесообразно, поскольку снижает надежность конструкции в целом и повышает сложность управления.

Преимуществами применения кулачкового механизма является:

1. Простота в проектирование, изготовлении, монтаже;
2. Способность воспроизводить движение ведомого звена любой сложности;
3. Способность воспроизводить движения с длительными остановками при непрерывном движении ведущего звена;
4. Проектирование формы кулачка

Специально разработанная, в системе автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, форма кулачка позволяет осуществлять подъем рычага со столом на определенную высоту h , которая задается размером кулачка. Для того, чтобы избавиться от ударных воздействий вала рычага по поверхности кулачка, его конструкцией предусмотрен специальный зазор h_1 (подробнее показано на рисунке 5). В целях нивелирования возникновения возможных сил трения во время фазы свободного падения, на кулачке выполнен специальный скос (предотвращает контакт вала рычага с кулачком). Поскольку кулачек имеет сдвинутый центр масс, для избежания возможных вибраций была спроектирована перфорация в наиболее массивном его сегменте. После удара стола об поверхность ответной части, кулачок продолжает свое движение и плавно поднимает рычаг в исходное положение.

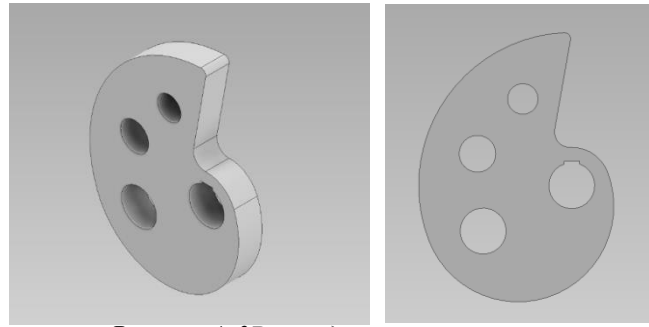


Рисунок 4. 3D – модель кулачка.

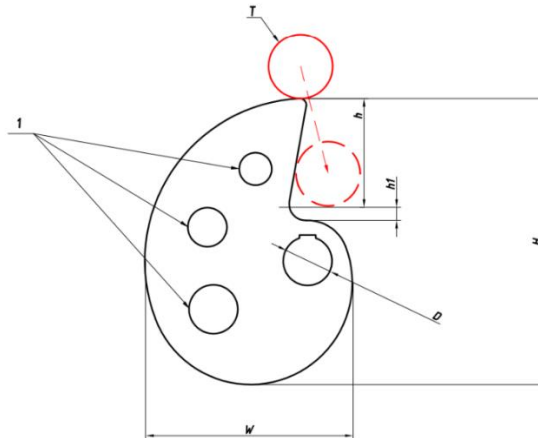


Рисунок 5. Основные размеры кулачка.

W – «ширина кулачка», T – «толкатель рычага», H – «высота кулачка», h – «максимальная высота подъема поворотного рычага», $h1$ – «зазор между кулачком и валом поворотным рычагом», D – «выходной вал редуктора», I – «технологические отверстия для предотвращения вибраций».

Описание конструкции.

Рассчитаем необходимый момент выходного вала редуктора. Исходя из представленных характеристик пневмопривода произведен оценку максимального момента, развиваемого рабочим органом стенда. Очевидно, что максимальный момент достигается при горизонтальном положении рычага. Поскольку рычаг, поднимающий стол, представляет собой жесткую конструкцию, то момент рабочего органа будет равен моменту, который необходимо будет развивать кулачку. Принимаем массу рабочего органа равную 5 кг и длину плеча $L = 1000$ мм, таким образом получаем момент:

$$M = F * L = 50 * 1 = 50 \text{ Н * м}$$

Поскольку работа стенда представляет собой циклическое поднятие и опускание рычага большой массы с дополнительной нагрузкой в 5 кг., то наиболее подходящим типом передаточного механизма является червячный редуктор.

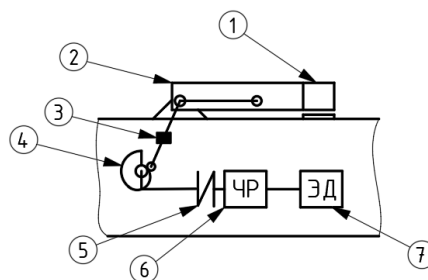


Рисунок 6. Упрощенная кинематическая схема предлагаемого решения.

Электродвигатель 7 передает крутящий момент на червячный редуктор 6. Редуктор, в свою очередь, подключен непосредственно к кулачку 4 через муфту 5. Индукционный датчик 3 фиксирует отклонение рычага 2, тем самым ведя подсчет циклов удара и передает информацию на микроконтроллер.

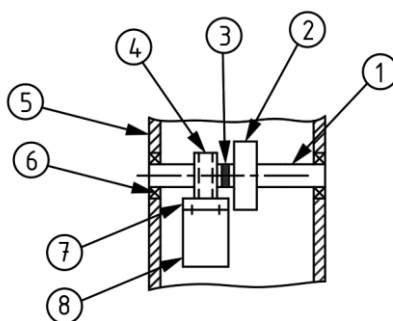


Рисунок 7. Компонентка предлагаемого решения.

1 – «силовой вал механизма», 2 – «кулачек», 3 – «муфта», 4 – «червячный редуктор, ориентированный червяком вниз», 5 – «корпус стенда», 6 – «радиальный упорный подшипник», 7 – «переходная пластина», 8 – «электродвигатель».

Заключение

Разработанное решение полностью удовлетворяет условиям технического задания. Оно конструктивно изменяет приводную систему стенда, при этом не затрагивая другие конструктивные элементы. Это обеспечивает более упрощенный процесс модернизации системы в целом, при этом снижая трудоемкость.

Следующим этапом модернизации будет являться подбор компонентов приводной системы и оценка рентабельности разработанного электропривода по сравнению со стоковым пневматическим приводом.

1. Андреев В.В. Детали машин и основы конструирования / В.В. Андреев, А.А. Ульянов. – Н.Новгород: НГТУ им Р.Е. Алексеева. – 2010. – 267с.

Лайша А.К., Лисин М.С., Фомкин И.В., Пичугин Е.А.

Подбор компонентов для модернизации приводной системы ударного стенда УСП-5 и расчет рентабельности модернизации

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-681

Аннотация

Данная статья является продолжением статьи по модернизации ударного стенда УСП-5. В рамках проделанной работы был произведен подбор оптимальных по характеристикам компонентов приводной системы стенда, а также посчитаны экономические показатели замены пневматического привода на электрический. Согласно выбранным моделям компонентов была составлена таблица расчетных характеристик сконструированного привода.

Ключевые слова: автоматизация, машиностроение, модернизация, ударный стенд, экономика, рентабельность, проектирование нестандартного оборудования, робототехника.

Abstract

This article is a continuation of the article on the modernization of the USP-5 impact stand. As part of the work done, the optimal components of the drive system of the stand were selected, and the economic indicators of replacing the pneumatic drive with an electric one were calculated. According

to the selected component models, a table of calculated characteristics of the designed drive was compiled.

Keywords: automation, mechanical engineering, modernization, impact stand, economics, profitability, design of non-standard equipment, robotics.

Подбор компонентов приводной системы

Согласно проделанной работе, описываемой в статье «Модернизация ударного стенда УСП-5», была разработана упрощенная кинематическая схема предлагаемого решения, а также приведена компоновка, которая представлена на рисунке.

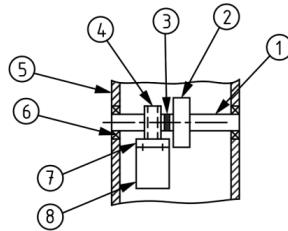


Рисунок 7. Компоновка предлагаемого решения.

1 – «силовой вал механизма», 2 – «кулачек», 3 – «муфта», 4 – «червячный редуктор, ориентированный червяком вниз», 5 – «корпус стенда», 6 – «радиальный упорный подшипник», 7 – «переходная пластина», 8 – «электродвигатель».

Исходя из примерной оценки величины крутящего момента при поднятии стола стенда, составляющей 50 Н*м, необходимо подобрать такое передаточное устройство, которое может обеспечить необходимый крутящий момент и необходимую скорость вращения выходного вала.

Поскольку в механизме используется кулачок, то количество циклов в минуту будет зависеть от проходимой траектории толкателем, и частоты вращения самого кулачка.

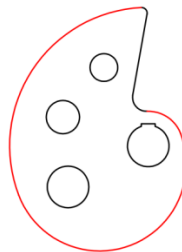


Рисунок 1. Путь, проходимый толкателем рычага.

Согласно техническому заданию, передаточное устройство должно обеспечить частоту рабочих циклов стенда равную 80 ударам в минуту. На основе имеющихся данных, произведем анализ доступных решений и выявим оптимальное по характеристикам передаточное устройство.

В ходе сравнительно анализа был сделан выбор в пользу червячного редуктора модели SG 80.

Data/ Technische Daten SG 80 SG 80 H SG 80 K									
Reduction ratio/ Untersetzungsverhältnis	SG 80 / SG 80 H	5	10	15	24	38	50	75	
Efficiency/ Wirkungsgrad	%	70	65	55	50	40	35	25	
Continuous torque/ Dauerdrehmoment	Ncm	200	250	300	350	350	400	400	
Max. acceleration torque/ Max. Beschleunigungsmoment	Ncm				800				
Emergency torque/ Not-Aus Drehmoment	Ncm				1200				
Reduction ratio/ Untersetzungsverhältnis	SG 80 K	7	10	15	24.5	-	-	-	
Efficiency/ Wirkungsgrad	%	82	80	70	65	-	-	-	
Continuous torque/ Dauerdrehmoment	Ncm	250	250	350	350	-	-	-	
Max. acceleration torque/ Max. Beschleunigungsmoment	Ncm	500	500	700	700				
Emergency torque/ Not-Aus Drehmoment	Ncm				1200				
Weight of gearbox/ Getriebegewicht	kg				0.9				
Axial load / radial load/ Axiallast / Radiallast	N				300 / 350				

Рисунок 2. Характеристики червячного редуктора модели SG 80.

Выбор в пользу червячного типа передаточного устройства обусловлен высоким передаточным числом, компактностью, самоторможением передачи а также бесшумностью и плавностью работы.

В ходе сравнения параметров данной модельной линейки, был сделан выбор в пользу модели с передаточным числом 24. Таким образом, необходимо подобрать модель электродвигатель с крутящим моментом не менее 2 Н*м.

Бесколлекторный двигатель наиболее всего подходит для разрабатываемого привода поскольку: он имеет высокий крутящий момент, за счет отсутствия трущихся частей имеет высокую надежность, его момент не зависит от количества оборотов ротора.

В ходе анализа готовых решений был сделан выбор в пользу модели BG 95x40 от производителя Dunkermotoren, характеристики которой представлены на рисунке.

Data/ Technische Daten		BG 95x40 dCore			
Nominal voltage/ Nennspannung	VDC	24	48	60	325
Nominal current/ Nennstrom	A ¹	33	17	13.5	2.5
Nominal torque/ Nennmoment	Ncm ¹	169	169	167	173
Nominal speed/ Nenn Drehzahl	rpm ¹	3944	3945	4088	3876
Friction torque/ Reibungsmoment	Ncm ¹	11			
Stall torque/ Anhaltmoment	Ncm ¹	535	527	519	555
No load speed/ Leerlaufdrehzahl	rpm ¹	4402	4402	4546	4309
Maximum output power/ Maximale Abgabeleistung	W ¹	1500			
Torque constant/ Drehmomentkonstante	Ncm / A ¹	5.71	10.2	12.3	79.5
Peak current/ Zulässiger Spitzenstrom (2 sec.)	A ¹	100	50	40	8
Rotor inertia/ Rotor Trägheitsmoment	gcm ²	950			
Weight of motor/ Motorgewicht	kg	3.4			
Recommended speed control range/ Empfohlener Drehzahlbereich	rpm	1 ... Rated speed			

Рисунок 3. Характеристики бесколлекторного двигателя постоянного тока модели BG 95x40.

Обратившись к официальному даташиту и проанализировав график зависимости величин частоты вращения вала, силы тока и КПД от крутящего момента, был сделан вывод о пригодности данной модели электродвигателя в качестве генератора механической энергии.

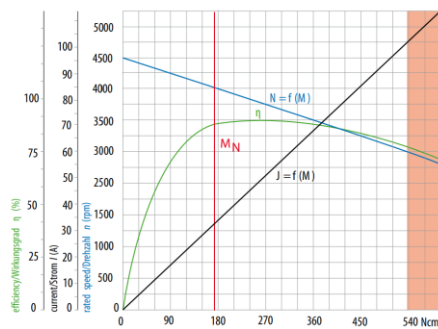


Рисунок 4. График зависимости величин от крутящего момента.

1. Параметры разработанной приводной системы

Исходя из выбранных моделей приводной системы посчитаем параметры разрабатываемого привода и запишем в таблицу.

Таблица 4

Расчетные характеристики привода.

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальный крутящий момент (Н*м)	64,8
Номинальная частота вращения (rpm)	155
Номинальный потребляемое напряжение (V)	24
Номинальный потребляемый ток (A)	33
Потребляемая мощность (Вт)	800
Габаритные размеры (мм)	251x98x123
Масса привода (кг)	12
КПД (%)	45%*

Столь низкий КПД обусловлен низким КПД самого типа редуктора, где половина механической энергии уходит на трение червяка и шестерни. Как показывает практика, приводы, включающие в себя данный тип редуктора, так или иначе являются эффективными в силу низкой стоимости и малых габаритных размеров, что зачастую является ключевыми параметрами при проектировании.

2. Обоснование экономической целесообразности

Оценку экономической целесообразности замены пневмопривода на электропривод можно осуществить, сравнив потребляемую мощность компрессора, обеспечивающего подачу сжатого воздуха в пневмоцилиндр и двигателя электропривода.

Воздушные компрессоры, обеспечивающие производительность на выходе, равную 260 л/мин, а также давление в 6 бар, в среднем потребляют 2кВт электроэнергии. Эксплуатация предлагаемого электрического привода, потребляемая мощность которого равна 800 Вт, выгоднее в 2,5 раза.

Рассчитаем срок окупаемости:

Стоимость редуктора: 6500 рублей.

Стоимость двигателя: 16000 руб.

Стоимость кулачка: 3000 руб.

Срок окупаемости электропривода:

$$O_k = \frac{\Delta K}{\Delta C} \leq 2.5 \text{ года,}$$

где ΔK – капитальные затраты на создание системы;

ΔC – экономия по себестоимости;

$$\Delta K = Z_{\text{Э}} + Z_{\text{МК}},$$

где $Z_{\text{МК}}$ – затраты на комплектующие;

$Z_{\text{Э}}$ – затраты на электроэнергию за данный период.

$$Z_{\text{МК}} = 6000 + 16000 + 3000 = 25000$$

$$Z_{\text{Э}} = 9.4 * 0.8 * 8 * 20 = 1200 \text{ руб./мес.}$$

Расчет расходов при отсутствии электропривода:

$$\Delta C = Z_{\text{Э}},$$

где $Z_{\text{Э}}$ – затраты на электроэнергию потребляемую компрессором за данный период.

$$\Delta C = Z_{\text{Э}} = 9.4 * 2 * 8 * 20 = 3000 \text{ руб./мес.}$$

$$O_k = \frac{25000}{(3000 - 1200)} \leq 14 \text{ месяцев.}$$

Заключение

Сравнив затраты на электроэнергию можем сделать вывод о том, что стоимость эксплуатации электропривода обходится в 2.5 раза дешевле, чем пневмопривода. Таким образом, по результатам расчетов, срок окупаемости замены пневмопривода на электропривод составит чуть менее 14-ти месяцев. По итогам расчета экономической целесообразности, был сделан вывод о рентабельности предложенного решения.

1. Андреев В.В. Детали машин и основы конструирования / В.В. Андреев, А.А. Ульянов. – Н.Новгород: НГТУ им Р.Е. Алексеева. – 2010. -267с.
2. Дудкова Н.В. Оценка экономической эффективности проектных решений / Н.В. Дудкова, А.В. Маркелов, В.А. Масленников / Методические указания / ИВГПУ. – 2014. -35с.

Шатагин Д.А., Желонкин М.В., Аносов М.С., Платонов Д.Е.

Цифровой двойник шероховатости обработанной поверхности

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-682

Аннотация

Данная статья представляет собой создание цифрового двойника шероховатости обработанной поверхности с использованием искусственного интеллект для уменьшения

затрачиваемого времени при экспериментальном исследовании зависимости шероховатости обработанной поверхности от химического состава металла, свойств режущего инструмента, режимов обработки, динамического состояния металлорежущего оборудования.

Ключевые слова: цифровой двойник, шероховатость, искусственный интеллект, химического состава металла, свойств режущего инструмента, режимов обработки, динамического состояния металлорежущего оборудования.

Abstract

This paper is the creation of a digital twin of the roughness of the machined surface using artificial intelligence to reduce the time spent in the experimental study of the dependence of the roughness of the machined surface on the chemical composition of the metal, the properties of the cutting tool, machining modes, the dynamic state of the metal cutting equipment.

Keywords: digital twin, roughness, artificial intelligence, metal chemical composition, cutting tool properties, machining modes, dynamic state of metal cutting equipment.

Введение

При разработке новых методов для повышения эффективности механообработки основными направлениями являются процессы стружкообразования, износ режущего инструмента и динамика резания. Однако, обычно эти аспекты рассматриваются независимо друг от друга и оптимизируются по отдельности. Например, методы сокращения интенсивности износа режущего инструмента и шероховатости обработанной поверхности не учитывают тип образующейся стружки и динамическое состояние оборудования. Для более точного моделирования процесса механообработки и составления моделей стружкообразования, шероховатости поверхности, износа инструмента и резания, необходимо исследовать взаимовлияние различных параметров этих факторов. Одним из перспективных инструментов для таких исследований может быть использование подходов искусственного интеллекта, которые учитывают связь и взаимозависимость выходных параметров процесса резания.

Оборудование и методы исследования

Для оценки параметра R_a , характеризующего шероховатость обработанной поверхности, был разработан стенд, включающий заготовку, закрепленную в центрах токарного станка, профилометр модели 296, подключенный через интерфейс к ПЭВМ. Персональная ЭВМ служит для управления всей экспериментальной установкой. В функции персональной ЭВМ входит управление приводом щупа, построение микрорельефа исследуемой поверхности, хранение и обработка полученных данных.

Экспериментальное исследование и анализ

Существующие критерии оценки качества обработанной поверхности (R_a , R_z , t_p и другие) в основном используются при разработке механизмов трения, а также контактного (упругого) взаимодействия твердых тел.

Поэтому проблема повышения качества обработанной поверхности и изделий в целом обуславливает необходимость разработки новых критериев оценки шероховатости поверхности, которые позволяли бы диагностировать ее в процессе обработки.

Предложена модель фрактальной шероховатой поверхности в виде канторовского множества, представленная на рисунке 1.

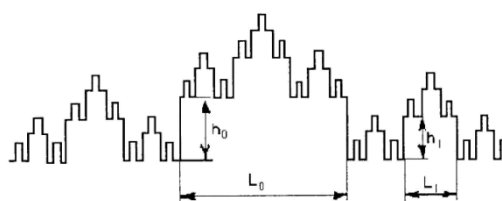


Рисунок 1. Модель канторовского профиля шероховатости поверхности.
где, L_i , h_i – ширина и высота выступов i -го поколения канторовского профиля.

На основе данной модели предложен фрактальный подход к формированию неровностей обработанных поверхностей и диагностики параметров.

Для оценки возможности диагностики параметра R_a в процессе резания был проведен корреляционный анализ зависимостей $R_a, D_F, H_1, \Delta=f(V)$. Значения коэффициентов корреляции получились довольно высокими (0,7–0,9).

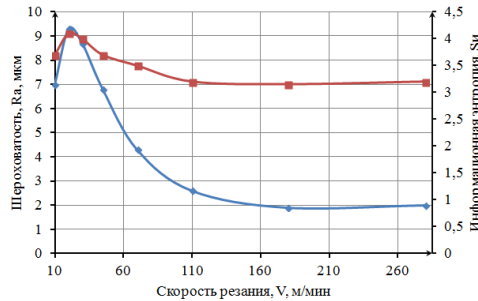


Рисунок 2. Зависимость шероховатости и информационной энтропии от скорости резания.

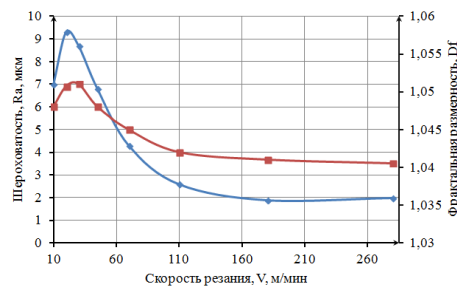


Рисунок 3. Зависимость шероховатости и фрактальной размерности от скорости резания.

Для расчета указанных информационных критериев были разработаны алгоритмы и составлены блок-схемы. Алгоритмы обработки результатов измерений параметра R_a позволили рассчитать фрактальную размерность D_F , информационную энтропию и погрешность самоподобия каждой профилограммы.

Связь информационных критериев с шероховатостью обработанной поверхности (сталь У8, резец Т15К6, $S = 0,11$ мм/об, $t = 1$ мм) представлена на рисунках 2 и 3. Анализ приведенных зависимостей показывает, что наибольшие значения данных критериев наблюдаются в области скоростей, соответствующих процессу интенсивного наростообразования.

Последовательность измеренных значений параметра шероховатости R_a представлялась в виде временного ряда. Анализ поведения временного множества можно провести на основе результатов расчета таких информационных характеристик, как фрактальная размерность – D , информационная энтропия – $H(S_{u,t})$, погрешность самоподобия – Δ , являющихся информационными критериями нелинейной динамики. Поэтому фрактальная размерность, информационная энтропия и погрешность самоподобия могут служить диагностическими критериями при оценке шероховатости обработанной поверхности в процессе резания. На рис. приведены зависимости R_a от фрактальной размерности – D_F , информационной энтропии – $H(S_{u,t})$ и погрешности самоподобия – Δ . Эффективное управление процессом механической обработки лезвийным инструментом возможно лишь на основе новых подходов к изучению теоретических и теоретико-экспериментальных зависимостей между основными технологическими параметрами, характеризующими процесс резания, и параметрами шероховатости поверхности.

К числу фундаментальных подходов к исследованию физики и механики процесса резания следует отнести теорию самоорганизации (синергетику) и, прежде всего, ее методологию исследований – нелинейную динамику, а также подходы искусственного интеллекта – теорию нейронных сетей, как информационных путей управления качеством поверхностного слоя.

Выявленные корреляционные связи параметра шероховатости R_a с деформационными и информационными параметрами процесса формообразования позволили предложить

диагностировать шероховатость обработанной поверхности по частоте стружкообразования ($f_{стр}$), а также по фрактальной размерности, информационной энтропии и погрешности самоподобия шероховатости обработанной поверхности (D_F, H_1, Δ).

Диагностика и управление шероховатостью обработанной поверхности по частоте стружкообразования обеспечивается за счет регистрации сигналов виброакустической эмиссии.

В совокупности со статистическими моментами частоты стружкообразования $\mu_{ln стр}$, $\sigma_{ln стр}$ и $\alpha_{ln стр}$, критерии хаотичности динамики формообразования H_1 , D_F и Δ образуют вектор диагностических признаков $\Psi(\mu_{ln стр}, \sigma_{ln стр}, \alpha_{ln стр}, H_1, D_F, \Delta)$.

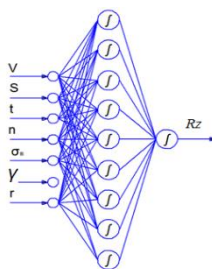


Рисунок 4. Структура нейронной сети динамической диагностики параметра шероховатости R_a с помощью сигнала виброакустической эмиссии.

Выводы

Таким образом, задача построения нейронносетевой модели образования микронеровностей на обработанной поверхности сводится к определению вида зависимости R_a ($\mu_{ln стр}, \sigma_{ln стр}, \alpha_{ln стр}, H_1, D_0, \Delta$).

В этой связи, задача управления шероховатостью обработанной поверхности при резании решена с помощью нейросетевого моделирования, т.е. ее цифрового двойника. Поиск оптимальной структуры нейронной сети проводился с помощью программного обеспечения Matlab версии 12, который привел к архитектуре, содержащей 6 нейронов в первом скрытом слое и 1 нейрон во втором скрытом слое (рис. 5).

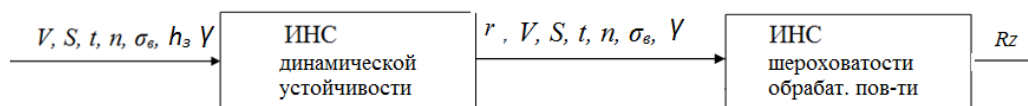


Рисунок 5. Структурная схема прогнозирования шероховатости обрабатываемой поверхности.

1. Кабалдин Ю.Г., Биленко С.В., Серый С.В. Управление динамическими процессами в технологических системах механообработки на основе искусственного интеллекта, Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т".- 2003. -201 с.
2. Короткий С. Нейронные сети: основные положения [Электронный ресурс]// URL:<http://www.orc.ru/~stasson> (дата обращения 15.12.18)
3. Кабалдин Ю.Г., ред. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве. Нижний Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2018. 271 с.
4. Кабалдин Ю.Г., Биленко С.В., Серый С.В. Управление динамическими процессами в технологических системах механообработки на основе искусственного интеллекта, Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т".- 2003. -201 с.
5. Короткий С. Нейронные сети: основные положения [Электронный ресурс]// URL:<http://www.orc.ru/~stasson> (дата обращения 15.12.18)
6. Кабалдин Ю.Г., ред. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве. Нижний Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2018. 271 с.
7. Есть способ лучше: цифровой двойник повышает эффективность процессов конструкторско-технологического проектирования и производства // CAD/CAM/CAE Observer.- №3.- 2016.- С. 36-40.
8. Итоги науки и техники: физические и математические модели нейронных сетей, том 1, М., изд. ВИНТИ, 1990. – 416 с.



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№105, Январь 2024**

Часть 14

Подписано в печать 25.01.2024. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.13,81
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович