

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и направление подготовки)

Строительство, эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений

(направление (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Обеспечение бесперебойной эксплуатации действующих подземных
коммуникаций при дорожном строительстве

Обучающийся

А.И. Рог

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

канд. тех. наук, доцент, В.Н. Шишканова

(ученая степень (при наличии), учебное звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

руководитель

Консультант

канд. пед. наук, доцент, О.Н. Брега

(ученая степень (при наличии), учебное звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Рецензент

канд. тех. наук, д-р. эконом. наук, профессор, А.А. Руденко

(ученая степень (при наличии), учебное звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	4
1. Обзор литературы и документации по теме исследования	7
1.1. Анализ научно-технической информации.....	7
1.2. Вводные данные участка строительства.....	8
1.3. Инженерно-геологические изыскания района строительства	9
1.4. Сведения о сейсмичности района строительства	12
1.5. Условия существующей застройки и влияния на нее нового строительства	12
1.6. Определение вида свай, подходящих под требуемые параметры	17
1.7. Данные, характеризующие назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия их эксплуатации	21
2. Расчет нагрузок и геометрических характеристик конструкции, защита кабельный тоннель от нагрузок подвижного состава железнодорожного транспорта, проверка расчета	24
2.1. Расчет нагрузок и геометрических характеристик конструкции, защита кабельный тоннель от нагрузок подвижного состава железнодорожного транспорта.....	24
2.2. Проверка расчета.....	30
3. Технология устройства свайного фундамента при защите кабельного тоннеля	40
3.1. Подготовительные работы	40
3.2. Машины и механизмы необходимые для производства работ по защите кабельного тоннеля	41
3.3. Технология устройства свайного фундамента	44
3.3.1. Арматурные работы.....	50
3.3.2. Охрана труда арматурщиков.....	51
3.3.3. Бетонные работы.....	52
3.3.4. Охрана труда бетонщиков.....	55

3.4. Требования к качеству и приемке работ	56
3.5. Требования к качеству материалов	58
3.6. Общие требования охраны труда и промышленной безопасности....	61
3.7. Мероприятия по охране окружающей среды в период производства работ	62
3.8. Анализ экономической эффективности	66
Заключение	89
Список используемой литературы и используемых источников.....	90

Введение

Актуальность работы. В современном мире для развития инфраструктуры и экономики страны все большее внимание отдается дорожному строительству. Развитие транспортных путей способствует снижению загруженности существующих дорог, уменьшению вредного воздействия на окружающую среду и повышению уровня безопасности дорожного движения, за счет использования современных технологий в проектировании и строительстве. Эффективное развитие дорожной инфраструктуры способствует улучшению экономического развития регионов, увеличению мобильности населения и грузоперевозок, сокращению времени перевозок и снижению затрат на логистику. Строительство новых трасс, железных дорог и развитие общественного транспорта помогают улучшить доступность регионов, повысить уровень сервиса и конкурентоспособность. Так же новые транспортные пути способствуют снижению трафика, так как разгружают существующие трассы. Однако уже на стадии проектирования дорожного полотна возникают вопросы по усилению и защите существующих инженерных коммуникаций в местах пересечения их трассой. Особенно данный вопрос важен при строительстве в населенных пунктах, так как под землей проходит различное количество сетей: хозяйственно-бытовая канализация, дренажные системы, водоснабжение, кабельные тоннели, многие другие сооружения и системы. Для решения данного вопроса следует учесть, что вывод из эксплуатации сетей несет за собой ряд осложнений таких как: согласование работ с балансодержателями, неудобства местному населению, сжатые сроки производства работ. Надлежит отметить, что многие предприятия и производства зависят от инженерных коммуникаций, и длительное их отключение несет в себе простой производства, как следствие, огромные материальные потери. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что для решения, указанного выше вопроса, необходима технология,

позволяющая защитить сети от транспортных нагрузок и обеспечить их бесперебойную работу.

Разработка быстро реализуемых, эффективных и бюджетных решений проблемы защиты инженерных коммуникаций и обеспечения их бесперебойной работы на момент производства работ при дорожном строительстве способна уменьшить сроки производства работ, а также количество материальных и людских ресурсов. Одним из таких решений, является использование свайного фундамента в качестве защиты уже существующих сетей, проходящих под землей.

Обобщая все сказанное выше, можно сделать вывод, что выбранная тема диссертационного исследования является достаточно актуальной и востребованной в настоящее время.

Цель работы: защитить подземные коммуникации, пересекающие дорожные пути от транспортных нагрузок, и обеспечить их бесперебойную работу.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ научно-технической информации, сбор необходимых данных по местности (инженерно-геологические изыскания, охранные зоны, существующая застройка);
- подбор вида свайного фундамента под требуемые параметры строительства;
- расчет нагрузок, которые должен выдерживать свайный фундамент при защите инженерных коммуникаций от проектируемого железнодорожного пути;
- расчет геометрических характеристик свайного фундамента, исходя из величины нагрузок от железнодорожного пути;
- подбор технологии для реализации устройства свайного фундамента с целью обеспечения бесперебойной работы кабельного тоннеля, проходящего под проектируемой железной дорогой;

- сравнить экономическую эффективность защиты сетей с использованием свайного фундамента с другими доступными методами.

Предметом исследования является защита подземных коммуникаций от транспортных нагрузок.

Объект исследования - свайный фундамент, подвергающийся транспортным нагрузкам, целесообразность его использования в качестве защиты подземных сетей.

Гипотеза исследования состоит в том, что использование свайного фундамента, предназначенного для защиты подземных инженерных коммуникаций, подвергающихся транспортным нагрузкам, является целесообразным решением, позволяющим эффективно снизить:

- передаваемые нагрузки на коммуникации;
- обеспечить их бесперебойную работу во время и после строительства;
- минимизировать экономические потери, связанные с потенциальным выводом сетей из эксплуатации.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке и обосновании нового подхода к защите подземных инженерных коммуникаций в дорожном строительстве, основанного на применении свайного фундамента. В отличие от традиционных методов, предлагаемое решение позволяет не только снизить механическое воздействие транспортных нагрузок на коммуникации, проходящие под трассой, но и обеспечить их непрерывное функционирование на всех этапах строительства транспортных путей и развязок, минимизируя риски аварий и перерывов в предоставлении коммунальных услуг.

Практическая значимость исследования состоит в том, что при применении свайных фундаментов для защиты и обеспечения бесперебойной работы инженерных коммуникаций экономятся денежные средства и человеческий ресурс.

1. Обзор литературы и документации по теме исследования

1.1 Анализ научно-технической информации

Строительство дорог несет в себе не только положительное действие в виде новых путей сообщения и разгрузке существующих дорог, но и негативное в виде динамических и статических нагрузок от транспорта, передающиеся через грунт, вызывают повреждения инженерных сетей, находящихся не только под транспортными путями, но и в непосредственной близости от них.

Подземные инженерные коммуникации принадлежат к числу сооружений, наиболее подверженных авариям. Последствие аварий приносит значительные неудобства, как балансодержателям, так и потребителям, особенно в зимний период. Так же негативно влияет на экологию. Следовательно, эффективная защита инженерных сетей актуальная тема для исследования.

«Наиболее часто механические повреждения образуются под воздействием толчков различного происхождения, мощных и значительных динамических и статических нагрузок от транспортных средств.

Инженерные сети в процессе эксплуатации получают различные механические повреждения: расхождение стыков труб; смещение труб относительно первоначальной оси, образования обратного уклона и частичных смещений, разрушения и деформации днищ, стенок; нарушение герметичности за счет образования продольных, поперечных и кольцевых трещин и другие.

Для обеспечения предотвращения разрушений, в настоящее время известны и используются различные технические решения, которые характеризуются особенностями, сдерживающими их эффективное применение.

Например, основной недостаток лотковой системы для прокладки сетей заключается в том, что сквозь неплотности соединения перекрытия со стенками лотка в его полость поступает вода, где застаивается без возможности оттока. Это приводит к тому, что в городской среде появляется болотный запах, загрязняющий окружающее воздушное пространство» [24]. Также лотковая система не подходит для подземных линий связи и электроснабжения, в которых недопустимо нахождение воды.

Переход инженерных сетей под автомобильной дорогой с использованием футляра для защиты существующих коммуникаций имеет ряд сложностей в виде необходимости отключения сети, согласования работ с владельцами инженерных сетей и многие другие.

Более эффективным решением проблемы является использование свайного фундамента для защиты инженерных коммуникаций, проходящих под землей. Свайный фундамент воспринимает на себя динамические нагрузки от движущихся транспортных средств, а также статические нагрузки от земляного полотна. Таким образом, указанные выше нагрузки не действуют на сеть, а значит вероятность их повреждения минимальна.

Кроме указанных выше преимуществ, существуют ряд других:

- использование свайного фундамента в качестве защиты инженерных коммуникаций не требует отключения сетей на момент проведения работ, что является экономически выгодным для владельца сети;
- позволяет избежать земляные и демонтажные работы, работы по переустройству трубопроводов, сооружений, следовательно, экономит время, материальные и людские ресурсы.

1.2 Вводные данные участка строительства

В связи с развитием экономической зоны Тольятти, появилась

необходимость в строительстве железнодорожного пути от станции Тольятти Куйбышевской железной дороги до границы Площадки ОЭЗ «Тольятти». Путь должен проходить вдоль ул. Вокзальной городского округа Тольятти. В данной зоне строительства проходит различное количество инженерных коммуникаций. Одна из таких коммуникаций – это кабельный тоннель высотой 2,63 м, расположенный на глубине -5,57 м от поверхности земли. «Кабельным туннелем называется закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий» [19]. Усиление кабельного тоннеля будет производиться устройством свайного фундамента.

«Свайные фундаменты должны проектироваться на основе и с учетом:

- результатов инженерных изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия их эксплуатации;
- действующих на фундаменты нагрузок;
- условий существующей застройки и влияния на нее нового строительства» [26].

1.3 Инженерно-геологические изыскания района строительства

«В составе инженерно-геологических изысканий выполняются следующие виды работ:

- сбор и анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- дешифрирование материалов аэрокосмических фотосъемок;
- рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и

маршрутные наблюдения;

- инженерно-геологическая съемка и инженерно-геологическое картирование;
- разведочные работы: проходка горных выработок и геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов и оснований фундаментов существующих зданий и сооружений;
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- текущая и окончательная камеральная обработка материалов, и составление отчета.

Совокупность указанных работ необходимо организовать и оптимизировать как целенаправленный научно-производственный процесс получения, обработки, хранения и передачи исчерпывающей геопространственной информации для проектирования и строительства» [8].

После выполнения, указанного выше комплекса работ, выполняется камеральная обработка и представление материалов инженерных изысканий. «Под камеральной обработкой подразумевается всесторонняя научная и техническая обработка результатов и обобщение материалов, собранных в процессе полевых топографических, инженерно-геологических, геотехнических и других специальных исследований какой-либо территории, трассы или площадки строительства.

Требования к камеральным работам устанавливаются действующими инструкциями и положениями в зависимости от целей и задач проведенных работ.

В процессе производства полевых изыскательских работ осуществляется текущая камеральная обработка полученных материалов.

После завершения всех полевых работ и выполнения лабораторных исследований выполняется окончательная камеральная обработка и составляется технический отчет или заключение о результатах инженерно-геологических или инженерно-геотехнических изысканий» [8].

Таким образом, представленная ниже информация получена на основании технического отчета и заключения о результатах инженерно-геологических изысканий.

Геологический разрез исследуемого участка по результатам выполненного бурения на глубину 8,0 м от поверхности земли сложен аллювиальными отложениями четвертичного возраста. В пределах возможной сферы взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой выделено 2 инженерно-геологических элемента.

Расчленение геологического разреза на ИГЭ выполнено на основании полевого описания и лабораторных исследований:

- ИГЭ-1 суглинок коричневый, твердый, с включением ожелезнений и пятен марганца, с прослоями суглинка полутвердого, мощность слоя 2 м;
- ИГЭ-2 суглинок темно-коричневый, тугопластичный, с включением ожелезнений и пятен марганца, мощность слоя от 3 м;
- ИГЭ-3 суглинок темно-коричневый, мягкопластичный, с включением ожелезнений и пятен марганца, мощность слоя 7 м.

Геологическое строение исследуемого участка на глубину 10 м определяется развитием аллювиальных отложений верхнечетвертичного возраста, перекрытых современным насыпным грунтом.

Участок не является потенциально подтопляемым.

Грунтовые воды вскрыты на глубине 7-10 м. Подземные воды по содержанию сульфатов неагрессивны к бетону на портландцементе. К железобетонным конструкциям подземные воды по содержанию хлоридов при постоянном погружении не агрессивны, при периодическом смачивании – среднеагрессивные.

По степени морозной пучинистости суглинки полутвердые слабопросадочные – слабопучинистые, суглинки тугопластичные – среднепучинистые. При прогнозируемом водонасыщении грунты могут перейти к сильнопучинистым грунтам.

1.4 Сведения о сейсмичности района строительства

Строительство проходит на территории города Тольятти, Самарской области.

«Сейсмический район – это район с установленными и возможными очагами землетрясений, вызывающими на площадке строительства сейсмические воздействия интенсивностью 6 баллов и более. Оценка нормативной сейсмичности района согласно карте А ОСР-2015 отсутствует» [25].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что район строительства не является сейсмоопасным.

1.5 Условия существующей застройки и влияния на нее нового строительства

Строительство железнодорожного пути проходит вдоль улицы Вокзальной города Тольятти, Самарской области, представлено на рисунке 1. Данная улица активно застроена.

Участок, на котором требуется усиление кабельного тоннеля, расположен на ПК 25+62,04, показан на рисунке 2, в охранной зоне тепловой

сети. «Охрана тепловых сетей осуществляется для обеспечения сохранности их элементов и бесперебойного теплоснабжения потребителей путем проведения комплекса мер организационного и запретительного характера.

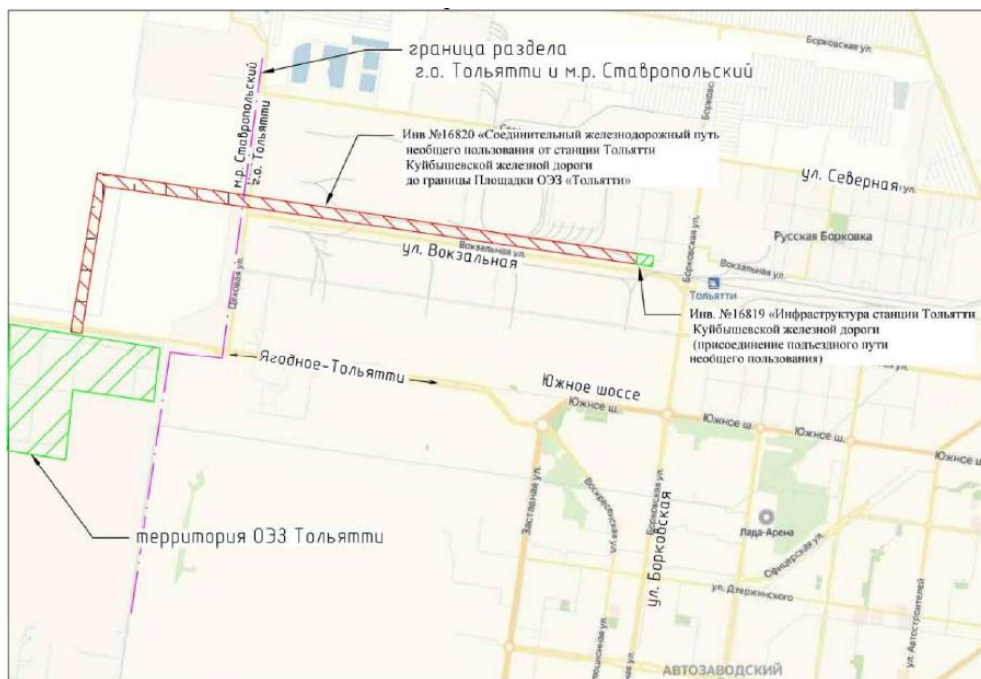


Рисунок 1 – Обзорная схема расположения участка строительства

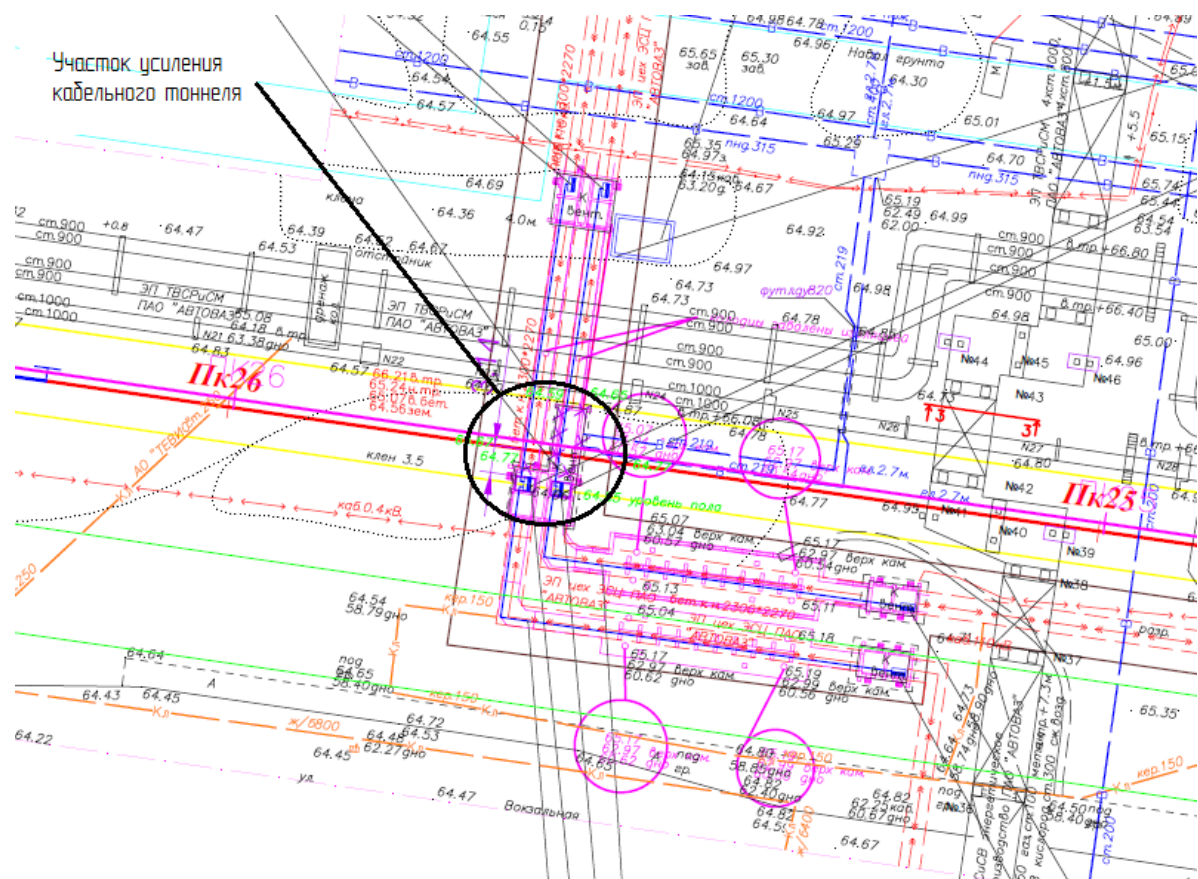


Рисунок 2 – Участок усиления кабельного тоннеля

Охране подлежит весь комплекс сооружений и устройств, входящих в тепловую сеть: трубопроводы и камеры с запорной и регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами, компенсаторы, опоры, насосные станции, баки-аккумуляторы горячей воды, центральные и индивидуальные тепловые пункты, электрооборудование управления задвижками, кабели устройств связи и телемеханики.

В пределах охранных зон тепловых сетей не допускается производить действия, которые могут повлечь нарушения в нормальной работе тепловых сетей, их повреждение, несчастные случаи или препятствующие ремонту:

- размещать автозаправочные станции, хранилища горюче - смазочных материалов, складировать агрессивные химические материалы;
- загромождать подходы и подъезды к объектам и сооружениям тепловых сетей, складировать тяжелые и громоздкие материалы,

возводить временные строения и заборы;

- устраивать всякого рода свалки, разжигать костры, сжигать бытовой мусор или промышленные отходы;
- производить работы ударными механизмами, производить сброс, слив едких, коррозионно-активных веществ, ГСМ;
- проникать в помещения павильонов, центральных и индивидуальных тепловых пунктов посторонним лицам; открывать, снимать, засыпать люки камер тепловых сетей; сбрасывать в камеры мусор, отходы, снег и т.д.;
- снимать покровный металлический слой тепловой изоляции; разрушать тепловую изоляцию;
- ходить по трубопроводам надземной прокладки (переход через трубы разрешается только по специальным переходным мостикам);
- занимать подвалы зданий, особенно имеющих опасность затопления, в которых проложены тепловые сети или оборудованы тепловые вводы под мастерские, склады, для иных целей;
- тепловые вводы в здания должны быть загерметизированы.

В пределах территории охранных зон тепловых сетей без письменного согласия предприятий и организаций, в ведении которых находятся эти сети, запрещается:

- производить строительство, капитальный ремонт, реконструкцию или снос любых зданий и сооружений;
- производить земляные работы, планировку грунта, посадку деревьев и кустарников, устраивать монументальные клумбы;
- производить погрузочно-разгрузочные работы, а также работы, связанные с разбиванием грунта и дорожных покрытий;
- сооружать переезды и переходы через трубопроводы.

Проведение перечисленных работ должно согласовываться с владельцами тепловых сетей не менее чем за 3 дня до начала работ.

Присутствие представителя владельца тепловых сетей необязательно, если это предусмотрено согласованием.

Предприятия, получившие письменное разрешение на ведение указанных работ в охранных зонах тепловых сетей, обязаны выполнять их с соблюдением условий, обеспечивающих сохранность этих сетей.

Перед началом работ в охранных зонах ответственные производители работ должны быть проинструктированы владельцем тепловых сетей относительно порядка их проведения и ознакомлены с расположением трасс подземной прокладки, о чем должна быть сделана запись в регистрационном журнале либо составлен соответствующий акт.

Предприятия, выполняющие работы, должны по окончании работ восстановить дорожные покрытия и зеленые насаждения, снесенные или поврежденные при производстве работы.

Ущерб, причиненный тепловым сетям при проведении в охранных зонах согласованных работ, должен быть возмещен за счет средств предприятия - производителя работ в установленном законодательством порядке.

Нарушения требований настоящих Правил должностными лицами и гражданами, повлекшие причинение вреда или порчу тепловых сетей, влекут за собой ответственность в соответствии с действующим законодательством» [29].

Таким образом, усиление кабельного тоннеля нужно вести согласно требованиям охранной зоны тепловой сети, а также учитывать стесненные условия труда.

1.6 Определение вида свай, подходящих под требуемые параметры

Свая — это погруженная в грунт или изготовленная в грунте вертикальная или наклонная конструкция, предназначенная для передачи нагрузки на основание.

Сваи делятся по различным критериям, например:

- по способу заглубления,
- по условиям взаимодействия с грунтом,
- по способу армирования,
- по форме поперечного сечения,
- по форме продольного сечения,
- по конструктивным особенностям,
- по конструкции нижнего конца,
- по материалу изготовления.

На рисунке 3 представлены «виды свай по способу заглубления в грунт:

- забивные и вдавливаемые или опускаемые железобетонные, деревянные и стальные предварительно изготовленные, погружаемые в грунт за счет вытеснения, а также путем установки в лидерные скважины с помощью молотов, вибропогружателей, вибровдавливающих, виброударных и вдавливающих устройств, а также железобетонные круглые полые сваи диаметром до 0,8 м, заглубляемые вибропогружателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью;
- железобетонные сваи-оболочки диаметром более 0,8 м, погружаемые вибропогружателями с выемкой грунта из их полости и заполняемые частично или полностью бетонной смесью, полые

сваи из металлических или композитных труб, погружаемые с открытым нижним концом без выемки грунта;

- набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного вытеснения грунта;
- буровые железобетонные, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетонной смесью или установки в них предварительно изготовленных железобетонных элементов;
- винтовые сваи, состоящие из одной металлической винтовой лопасти и трубчатого металлического ствола со значительно меньшей по сравнению с лопастью площадью поперечного сечения, погружаемые в грунт путем ее завинчивания» [26].



Рисунок 3 – Виды свай по способу заглубления

По материалу сваи делятся на:

- железобетонные,
- металлические,
- деревянные.

Учитывая факт нахождения грунтовых вод на глубине 7-10 м, наиболее рациональным будет отдать предпочтение железобетонным сваям.

Проанализировав указанную информацию, можно сделать вывод, что для усиления кабельного тоннеля, находящегося в охранной зоне тепловой сети наиболее подходящим, является вариант с использованием буровых железобетонных свай.

«Буровые сваи по способу устройства подразделяют на:

- буронабивные сплошного сечения с уширениями и без них, бетонируемые в скважинах, пробуренных в глинистых грунтах выше уровня подземных вод без крепления стенок скважин, а в любых грунтах ниже уровня подземных вод - с закреплением стенок скважин глинистым раствором, инвентарными извлекаемыми обсадными трубами или полым шнеком;
- буронабивные с применением технологии непрерывного полого шнека;
- баретты - буровые сваи, изготавливаемые технологическим оборудованием типа плоский грейфер или гидрофреза;
- буронабивные с камуфлетной пятой, устраиваемые бурением скважин с последующим образованием уширения взрывом (в том числе электрохимическим) и заполнением скважин бетонной смесью;
- буроинъекционные диаметром 0,15-0,35 м, устраиваемые в пробуренных скважинах путем нагнетания (инъекции) в них мелкозернистой бетонной смеси, а также устраиваемые полым шнеком или с использованием не извлекаемых буровых штанг;
- буроинъекционные диаметром 0,15-0,35 м, выполняемые с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (РИТ) серией разрядов импульсов тока высокого напряжения;

- сваи-столбы, устраиваемые путем бурения скважин с уширением или без него, укладки в них омоноличивающего цементно-песчаного раствора и опускания в скважины предварительно изготовленных цилиндрических или призматических элементов сплошного сечения со сторонами или диаметром 0,8 м и более;
- буроопускные - сваи сплошные (железобетонные) и полые (стальные круглого сечения с закрытым нижним концом), свободно погружаемые в скважины, с заполнением свободного пространства бетонной смесью» [26].

Из всего многообразия буровых свай под требуемые параметры наиболее подходят буронабивные сваи, так как есть вероятность погружения свай в грунтовые воды.

«По условиям взаимодействия с грунтом сваи следует подразделять на сваи-стойки и висячие (сваи трения).

К сваям-стойкам следует относить сваи всех видов, заглубленные в скальные грунты (ГОСТ 25100) и (или) прорезающие их, а также забивные сваи, опирающиеся на слабodeформируемые грунты.

К висячим сваям (сваям трения) следует относить сваи всех видов, опирающиеся на деформируемые грунты и передающие нагрузку на основание боковой поверхностью и нижним концом» [26].

С точки зрения взаимодействия с грунтом будут использоваться висячие сваи.

Объединять головы свай и перераспределять на них нагрузку от вышерасположенной конструкции будет ростверк. На рисунке 4 представлены «два вида ростверков:

- высокий ростверк, если его подошва располагается выше поверхности грунта;
- низкий ростверк, если его подошва опирается на грунт или заглубляется в нем» [26].

Так как свайный фундамент будет находиться под земляным полотном железнодорожного пути и защищать кабельный тоннель от нагрузок железнодорожной конструкции и состава рациональным будет принять низкий ростверк.

Таким образом, получаем конструкцию из буронабивных железобетонных свай, объединенных ростверком - свайный фундамент.

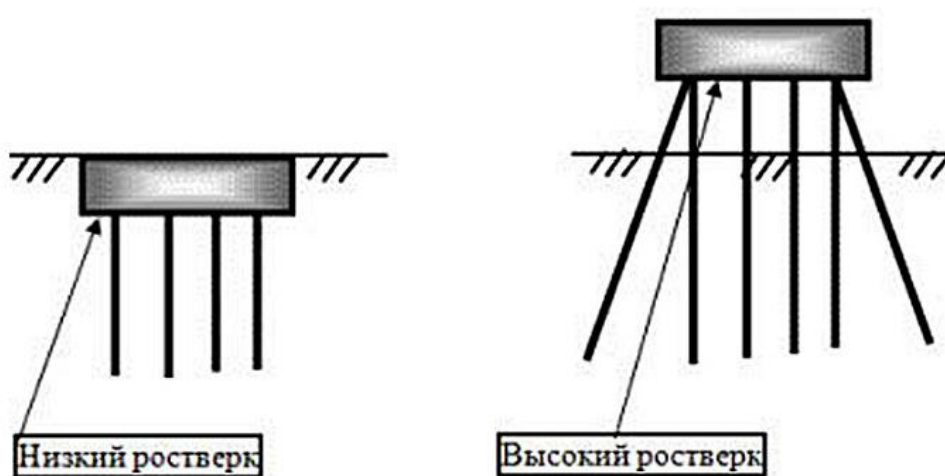


Рисунок 4 – Виды ростверка по способу заглубления

1.7 Данные, характеризующие назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия их эксплуатации

Возведение свайного фундамента необходимо в целях усиления кабельного тоннеля. «Основное назначение свай - передача действующей нагрузки на нижележащие слои грунта, обладающие более высокими механическими показателями» [26]. Из высказывания следует, что цель в виде снижения нагрузки на кабельный тоннель будет достигнута.

Конструктивные и технологические особенности сооружения.

«Буроабивные сваи сплошного сечения, бетонируемые в скважинах, пробуренных в любых грунтах, ниже уровня подземных вод производится с закреплением стенок скважин инвентарными извлекаемыми обсадными трубами.

Железобетонные и бетонные сваи следует проектировать из тяжелого бетона.

Для буровых свай необходимо предусматривать бетон класса не ниже В15 (в теле изготовленных свай).

Железобетонные ростверки свайных фундаментов следует проектировать из тяжелого бетона класса не ниже: В15 - для монолитных» [26].

Климат рассматриваемой территории формируется под влиянием западного переноса воздушных масс, что смягчает погодные условия. Это приводит к удлинению зимы, сокращению переходных сезонов и резким погодным аномалиям: сильным оттепелям зимой, возвратам холода весной, повышению риска заморозков в начале и конце лета, засухам и увеличению годовой амплитуды температур.

Снеговой покров обычно начинает появляться около 26 октября, но возможны отклонения: самый ранний снег фиксировался 6 октября, а самый поздний — 10 декабря. Устойчивый снеговой покров формируется в среднем к 21 ноября. Максимальной высоты снежный покров достигает к концу второй декады марта.

Средняя высота снежного покрова в период его наибольшего накопления составляет 43–48 см, а максимальная достигает 88 см. Зимой часто случаются оттепели. Полное разрушение и сход снежного покрова обычно происходят с 2 по 6 апреля, хотя возможны отклонения: самая ранняя дата — 24 марта, а самая поздняя — 24 апреля. В среднем, снег держится на земле около 145 дней в году.

Условия, при которых будет эксплуатироваться свайный фундамент:

- «расчетный вес снегового покрова (IV снеговой район) – 2,4 кПа

(240 кгс/см²);

- нормативный скоростной напор ветра (III ветровой район) – 0,38 кПа (38 кгс/см²);
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 – минус 34°С;
- средняя температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 – минус 39° С;
- нормативная глубина сезонного промерзания – 1,42 м» [28];
- уровень ответственности сооружения – повышенный.

Выводы по первой главе:

Проведен анализ технической литературы и нормативной документации по усилению, защите и переустройству инженерных коммуникаций, проходящих под транспортными путями. Данный анализ показал, что вопрос усиления, защиты и обеспечения бесперебойной работы инженерных сетей во время строительства является актуальным и не до конца изученным.

Так же в процессе написания первой главы были изучены характеристики района строительства: инженерно-геологические изыскания; сейсмичность района; условия эксплуатации.

По результатам изучения нормативно-технической документации был подобран вид свай с учетом грунтов и существующей застройки.

2 Расчет нагрузок и геометрических характеристик конструкции, защищающей кабельный тоннель от нагрузок подвижного состава железнодорожного транспорта, проверка расчета

2.1 Расчет нагрузок и геометрических характеристик конструкции, защищающей кабельный тоннель от нагрузок подвижного состава железнодорожного транспорта

Расчет нагрузок и геометрических характеристик конструкции, защищающей кабельный тоннель от нагрузок подвижного состава железнодорожного транспорта, рассчитывается в соответствии с действующей нормативной документацией.

Указанный выше расчет ведется по своду правил:

- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»,
- СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты».

Расчет нагрузок начинается с определения их вида. На свайный фундамент будет действовать два вида нагрузок:

а) постоянные (собственный вес конструкции):

- 1) верхнее строение пути (ВСП),
- 2) рабочий слой песка,
- 3) железобетонная плита,
- 4) железобетонный ростверк,
- 5) железобетонная основа,
- 6) железобетонная свая;

б) временные:

- 1) снеговая нагрузка,
- 2) нагрузка от подвижного состава.

Таким образом, при расчете нагрузок нужно учитывать виды и сочетания нагрузок, указанных выше.

Свайный фундамент состоит из бетона и арматуры. Класс бетона, арматуры подбирается по результатам расчета, исходя из нагрузок.

«Железобетонные и бетонные сваи следует проектировать из тяжелого бетона по ГОСТ 26633.

В проектной документации для набивных и буровых свай следует указывать класс бетонной смеси по ГОСТ 7473.

Железобетонные ростверки свайных фундаментов следует проектировать из тяжелого бетона класса не ниже: В15 - для монолитных.

Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости свай и свайных ростверков следует назначать согласно ГОСТ 19804.6, СП 28.13330, СП 63.13330.

Ростверк рассчитывают, как железобетонную многопролетную балку. Армирование ростверка выполняют пространственными арматурными каркасами из арматуры класса А-III (А400) или А500С. Для ростверка применяют бетон класса по прочности не ниже В15. Ростверк укладывают по бетонной подготовке класса не менее В7,5.

Число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и грунтов основания при расчетной нагрузке, допускаемой на сваю, с учетом допустимых перегрузок крайних свай в фундаменте.

Сопряжение свайного ростверка со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся, так и жестким.

Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчетах условно как шарнирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путем заделки головы сваи в ростверк на глубину 5 - 10 см.

Жесткое сопряжение железобетонных свай с монолитным железобетонным ростверком следует предусматривать с заделкой головы сваи в ростверк на глубину, соответствующую длине анкеровки арматуры, или с заделкой в ростверк выпусков арматуры на длину их анкеровки в соответствии с СП 63.13330. В голове предварительно напряженных свай

должен быть предусмотрен ненапрягаемый арматурный каркас, используемый в дальнейшем в качестве анкерной арматуры

Армирование буронабивных, буросекущихся и буроинъекционных свай следует выполнять объемными каркасами, для создания их жесткости продольные арматурные стержни должны быть соединены не только хомутами, но и трубчатыми кольцами, установленными на сварке по длине каркаса на расстоянии не реже чем через пять его диаметров (но не чаще чем через 2 м). В целях обеспечения защитного слоя бетона между грунтом и арматурными стержнями каркаса последний должен быть оснащен фиксаторами, а также крестообразными анкерами, установленными в нижнем конце каркаса для исключения возможности его подъема при извлечении обсадных труб» [26].

Перед расчетом находим все необходимые коэффициенты по СП 35.13330.2011 Мосты и трубы, СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты.

СП 35.13330.2011 Мосты и трубы:

«6. Нагрузки и воздействия. Сочетания нагрузок.

- $\eta = 1,00$ - коэффициент сочетаний для всех расчетных нагрузок (п. 6.2 а);
- $\gamma_{f \text{ пост}} = 1,10$ - коэффициент надежности для постоянных нагрузок (п. 6.10);
- $S_1 = 1,00$ - коэффициент полосности при длине 15 м (п. 6.14);
- $1 + \mu = 1,33$ - коэффициент динамический от подвижного состава (п. 6.22.1 б);
- $\lambda = 9,40$ - длина загрузки плиты, м (п. 6.22.5а);
- $\gamma_{f \text{ врем}} = 1,25$ – коэффициент надежности для временных нагрузок (п. 6.23 а).

11. Основания и фундаменты. Деформации основ.

- $\gamma_n = 1,40$ - коэффициент надежности по назначению сооружения (п. 11.8);

- $\gamma_c = 1,20$ - коэффициент условий работы (п. 11.8)» [15].

СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты:

- « $R_{\text{тгпл}} = 286 \text{ т/м}^2$ - сопротивление суглинка тугопластичного сжатию буронабивной сваи 5 м (т. 7.2.5);
- $R_{\text{мгпл}} = 214 \text{ т/м}^2$ - сопротивление суглинка мягкопластичного сжатию под буронабивной свай (т. 7.2);
- $f_i = 4,08 \text{ т/м}^2$ - сопротивление на боковой поверхности буронабивной сваи (т.7.3);
- $\gamma_c = 1,00$ - коэффициент условий работы буронабивной сваи (п. 7.2.6);
- $\gamma_{R,f} = 0,9$ - коэффициент условий работы грунта при расчете несущей способности свай (т. 7.4).

Так же находим индекс текучести для суглинков:

- $I_{LT} = 0,30$ - индекс текучести суглинка тугопластичного;
- $I_{LM} = 0,40$ - индекс текучести суглинка мягкопластичного» [26].

Расположение и размеры подземного тоннеля (галереи) представлены на рисунке 5.

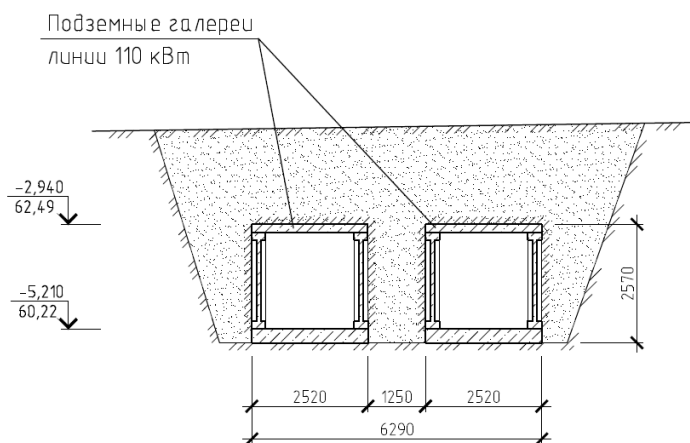


Рисунок 5 – Подземный тоннель (галерея)

Поперечный профиль железно дороги представлен на рисунке 6.

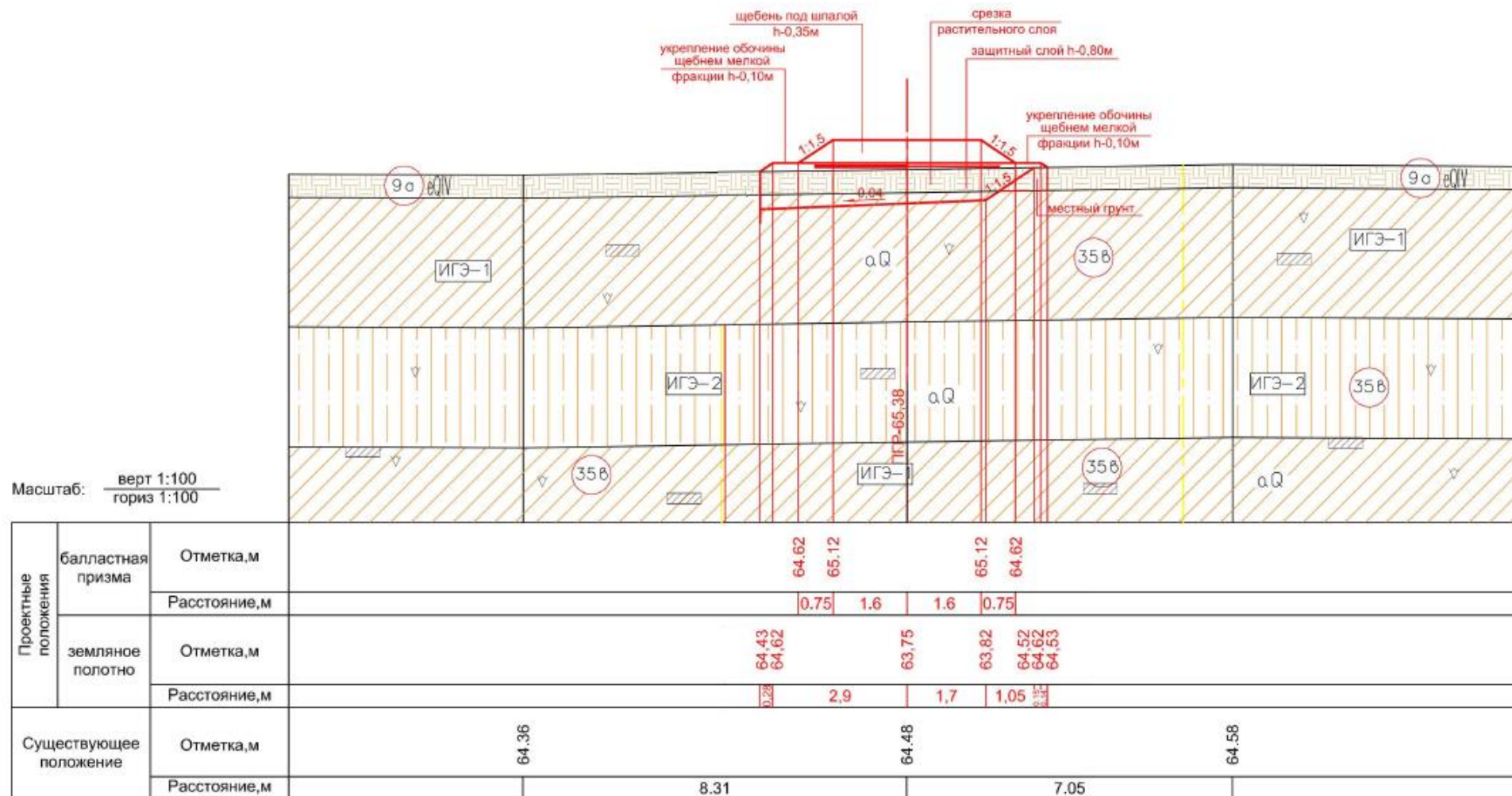


Рисунок 6 – Поперечный профиль железнодорожного пути

Исходя из представленных данных на рисунке 5, 6, условно принимаем размеры усиления $9,4 \times 6,5$ м, зона влияния боковой горизонтальной нагрузки по 3 м с каждой стороны.

Расчет постоянных нагрузок:

- верхнее строение пути (ВСП) состоит из рельсошпальной решетки РШР Р-65 на железобетонных шпалах (вес $0,75$ тн/пм), балласта щебня гранитного М1200 фракции 40-70. Таким образом, нагрузка от РШР Р-65 на железобетонных шпалах $P_{\text{РШР}} = 11,55$ тн, нагрузка от щебня $P_{\text{щ}} = 41,82$ тн;
- рабочий слой песка (на поперечном профиле защитный слой $h=0,8$ м) с коэффициентом уплотнения $0,95$ $P_{\text{п}} = 83,2$ тн;
- железобетонная плита представлена на рисунке 7. Состоит из бетона В25 W6 F100 и арматурных стержней диаметром 25 А500с с шагом ячеек 200×200 мм. Нагрузка от данной конструкции - $P_{\text{пл}} = 73$ тн;

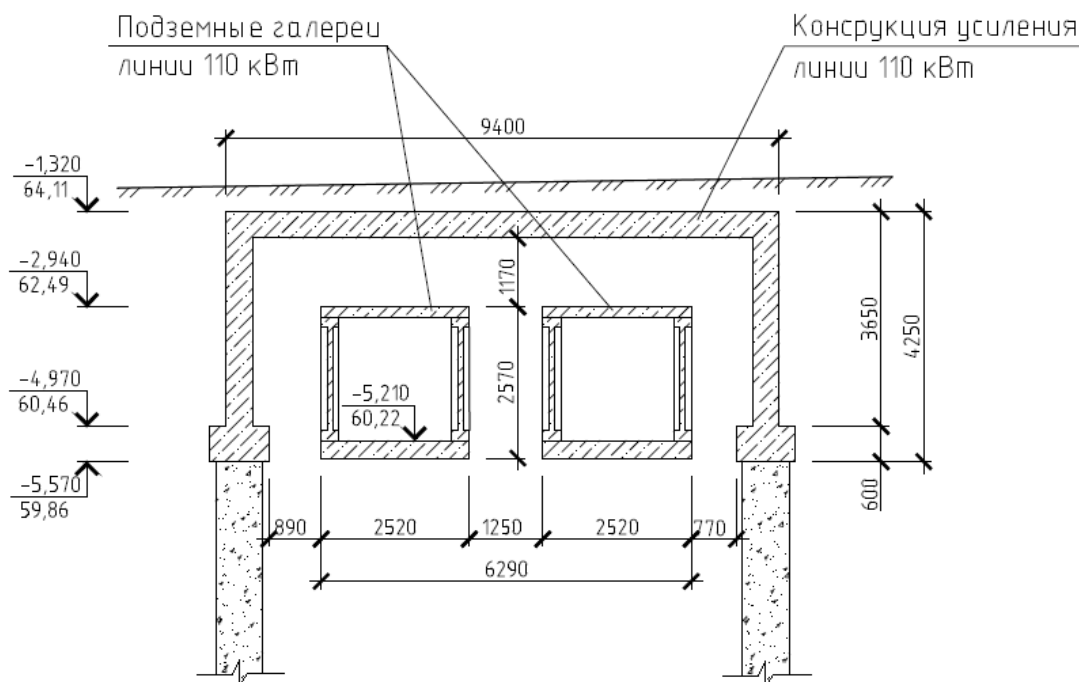


Рисунок 7 – Железобетонная монолитная конструкция усиления

- железобетонный ростверк подобран на основании СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Состоит из бетона В25 W6 F100 и арматурных стержней диаметром 25 А500с с шагом ячеек 200х200 мм. Нагрузка от ростверка - $P_p = 60$ тн (2 ростверка);
- железобетонное основание – бетон В25 W6 F100 и арматурных стержней диаметром 25 А500с с шагом ячеек 200х200 мм. Нагрузка от основания - $P_0 = 20,15$ тн (2 основания, под каждый ростверк);
- железобетонная свая диаметром 0,8 м и длиной 16 м. Выполнена из бетона В25 W6 F100, армируется пространственным каркасом из стержней диаметром 25 А500с с навивкой арматуры диаметром 8 А240. Нагрузка составляет $P_c = 186,08$ тн (от 8 свай);

Расчет временных нагрузок:

- снеговая нагрузка – $0,1$ тн/м², следовательно нагрузка $P_{\text{снeг}} = 10,01$ тн;
- нагрузка от подвижного состава согласно приложению К СП 35.13330.2011 на длине загрузки 9,4 м - $P_{\text{подвиж.сост.}} = 210$ тн, на длине загрузки 3,0 м (влияние боковой нагрузки) - $P_{\text{подвиж.сост.}} = 88$ тн, итого $P_{\text{подвиж.сост.}} = 298$ тн.

2.2 Проверка расчета

Проверка расчета свай и ростверка ведется по СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты, плиты по СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции.

Осуществим проверку железобетонных свай по несущей способности диаметр свай – 0,8 м, количество свай – 8 шт., глубина погружения 16 м, неразрушающий слой грунта – суглинок мягкопластичный.

Т.к. глубина погружения свай 16 м, свая попадает в грунтовые воды, следовательно, требуется учесть коэффициент обводнения $f_{i,обв} = 3,16$ т/м².

Постоянная нагрузка ($P_{\text{пост.}}$):

$$P_{\text{пост.}} = P_{\text{ршр}} + P_{\text{щ}} + P_{\text{п}} + P_{\text{р}} + P_0 + P_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ршр}}$ – нагрузка от рельсошпальной решетки, т;

$P_{\text{щ}}$ – нагрузка от щебеночного слоя железнодорожного пути, т;

$P_{\text{п}}$ – нагрузка от рабочего слоя песка железнодорожного пути, т;

$P_{\text{р}}$ – нагрузка от ростверков, т;

P_0 – нагрузка от железобетонного основания под ростверк, т;

$P_{\text{с}}$ – нагрузка от свай (8 штук), т.

$$P_{\text{пост.}} = 11,55 + 41,82 + 83,2 + 73 + 60 + 20,15 + 186,08 = 475,8 \text{ тн}$$

Временная нагрузка ($P_{\text{врем.}}$):

$$P_{\text{врем.}} = P_{\text{снег}} + P_{\text{подвиж.сост.}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{снег}}$ – нагрузка от снега, т;

$P_{\text{подвиж.сост.}}$ – нагрузка от подвижного состава железнодорожного пути, т.

$$P_{\text{врем.}} = 10,01 + 298 = 308,01 \text{ тн.}$$

Суммарная нагрузка (P):

$$P = P_{\text{пост.}} + P_{\text{врем.}},$$

$$P = 475,8 + 308,01 = 783,81 \text{ тн.}$$

Постоянная нагрузка с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.пост.}}$):

$$P_{\text{к.пост.}} = P_{\text{пост.}} \cdot \eta \cdot \gamma_{\text{пост}} \cdot S_1 \cdot \gamma_n \cdot \gamma_c, \quad (3)$$

где $P_{\text{пост.}}$ – постоянная нагрузка, т;

$\eta = 1,00$ - коэффициент сочетаний для всех расчетных нагрузок;

$\gamma_{f \text{ пост}} = 1,10$ - коэффициент надежности для постоянных нагрузок;

$S_1 = 1,00$ - коэффициент полосности при длине 15 м;

$\gamma_n = 1,40$ - коэффициент надежности по назначению сооружения;

$\gamma_c = 1,20$ - коэффициент условий работы.

$$P_{\text{к.пост.}} = 475,8 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 879,3 \text{ тн.}$$

Временная нагрузка с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.врем.}}$):

$$P_{\text{к.врем.}} = P_{\text{врем.}} \cdot \eta \cdot \gamma_{f \text{ врем}} \cdot S_1 \cdot \gamma_n \cdot (1 + \mu), \quad (4)$$

Где $P_{\text{врем.}}$ – временная нагрузка, т;

$\eta = 1,00$ - коэффициент сочетаний для всех расчетных нагрузок;

$\gamma_{f \text{ врем}} = 1,25$ – коэффициент надежности для временных нагрузок;

$S_1 = 1,00$ - коэффициент полосности при длине 15 м;

$\gamma_n = 1,40$ - коэффициент надежности по назначению сооружения;

$1 + \mu = 1,33$ - коэффициент динамический от подвижного состава.

$$P_{\text{к.врем.}} = 308,01 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,33 = 716,9 \text{ тн.}$$

Суммарная нагрузка с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.}}$):

$$P_{\text{к.}} = P_{\text{к.пост.}} + P_{\text{к.врем.}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{к.пост.}}$ – постоянная нагрузка с учетом коэффициентов, т;

$P_{\text{к.врем.}}$ – временная нагрузка с учетом коэффициентов, т.

$$P_{\text{к.}} = 879,3 + 716,9 = 1596,2 \text{ тн.}$$

Исходя из вышеизложенного принимаем нагрузку на 1 буронабивную сваю (БНС) ($P_{1\text{БНС}}$):

$$P_{1\text{БНС}} = \frac{1596,2}{8} = 199,5 \frac{\text{тН}}{\text{БНС}}.$$

Площадь сваи (A_0):

$$A_0 = \pi R^2,$$

$$A_0 = 3,14 \cdot 0,4^2 = 0,5 \text{ м}^2.$$

Расчет несущей способности сваи (F):

$$F = \gamma_c \cdot (\gamma_{R,R} \cdot R_{\text{мгпл}} \cdot A_0 + \gamma_{R,f} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot f_i \cdot H), \quad (6)$$

где $\gamma_c = 1,00$ - коэффициент условий работы буронабивной сваи;

$\gamma_{R,R}, \gamma_{R,f} = 0,9$ - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта;

$R_{\text{мгпл}} = 214 \text{ т/м}^2$ - сопротивление суглинка мягкопластичного сжатию под буронабивной свайей;

A_0 – площадь сваи, м^2 ;

$f_i = 4,08 \text{ т/м}^2$ - сопротивление на боковой поверхности буронабивной сваи;

H - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м.

$$F = 1,2 \cdot (1,0 \cdot 214 \cdot 0,5 + 0,9 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 3,16 \cdot 16) = 265,6 \frac{\text{тН}}{\text{БНС}}.$$

Расчетное сопротивление грунтов обеспечивается при условии:

$$F > P_{1\text{БНС}},$$

$$265,6 \frac{\text{тН}}{\text{БНС}} > 199,5 \frac{\text{тН}}{\text{БНС}}.$$

Условие выполняется, следовательно, принимаем 8 буронабивных свай диаметром 0,8 м и глубиной погружения 16 м.

Исходя из полученных нагрузок, проведем проверку железобетонного основания по прочности:

Нагрузка на железобетонное основание постоянная ($P_{\text{п.о.}}$) вычисляется по формуле 1 без учета нагрузки от свай:

$$P_{\text{п.о.}} = 11,55 + 41,82 + 83,2 + 73 + 60 + 20,15 = 289,72 \text{ тН.}$$

Нагрузка на железобетонное основание постоянная с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.п.о.}}$) вычисляется по формуле 3:

$$P_{\text{к.п.о.}} = 289,72 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 535,4 \text{ тН.}$$

Нагрузка на железобетонное основание временная с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.врем.}}$) по формуле 4:

$$P_{\text{к.врем.}} = 308,01 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,33 = 716,9 \text{ тН.}$$

Суммарная нагрузка с учетом коэффициентов ($P_{\text{к.о.}}$):

$$P_{\text{к.о.}} = 535,4 + 716,9 = 1252,3 \text{ тН.}$$

Нагрузка на 1 железобетонное основание ($P_{10.}$):

$$P_{10.} = \frac{1252,3}{2} = 626,15 \frac{\text{тн}}{\text{ж.б.осн.}}$$

Площадь основания ($A_{0.0}$):

$$A_{0.0} = 1,0 \cdot 0,6 = 0,6 \text{ м}^2.$$

Расчет несущей способности железобетонного основания ($F_{\text{ж.б.о.}}$):

$$F_{\text{ж.б.о.}} = \varphi \cdot (R_b \cdot A + R_s \cdot A_s), \quad (7)$$

где φ – коэффициент работы;

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию;

A – площадь железобетонного элемента, м^2 ;

R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению;

A_s – площадь армирования, м^2 .

$$F_{\text{ж.б.о.}} = 0,81 \cdot (1478,6 \cdot 0,6 + 44357,7 \cdot 0,0039) = 894,6 \frac{\text{тн}}{\text{ж. б. осн.}}$$

Несущая способность обеспечена при условии:

$$F_{\text{ж.б.о.}} > P_{10.},$$

$$894,6 \frac{\text{тн}}{\text{ж.б.осн.}} > 626,15 \frac{\text{тн}}{\text{ж.б.осн.}}$$

Условие выполняется, железобетонное основание подобрано верно.

Проведем проверку железобетонного ростверка по прочности:

Нагрузка на ростверк постоянная ($P_{\text{п.р.}}$) вычисляется по формуле 1 без

учета нагрузки от свай и железобетонного основания:

$$P_{п.р.} = 11,55 + 41,82 + 83,2 + 73 + 60 = 269,57 \text{ тн.}$$

Нагрузка на ростверк постоянная с учетом коэффициентов ($P_{к.п.р.}$) вычисляется по формуле 3:

$$P_{к.п.р.} = 269,57 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 498,17 \text{ тн.}$$

Нагрузка на ростверк временная с учетом коэффициентов ($P_{к.врем.р.}$) по формуле 4:

$$P_{к.врем.р.} = 308,01 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,33 = 716,9 \text{ тн.}$$

Суммарная нагрузка с учетом коэффициентов $P_{к.р.}$:

$$P_{к.р.} = 498,17 + 716,9 = 1215,1 \text{ тн.}$$

Нагрузка на 1 ростверк ($P_{1р.}$):

$$P_{1р.} = \frac{1215,1}{2} = 607,5 \frac{\text{тн}}{\text{ростверк}}.$$

Площадь ростверка ($A_{р.0}$):

$$A_{р.0} = 0,45 \cdot 3,2 = 1,44 \text{ м}^2.$$

Расчет несущей способности ростверка (F_p) вычисляется по формуле 7:

$$F_p = 0,98 \cdot (1478,6 \cdot 1,44 + 44357,7 \cdot 0,0019) = 2213,2 \frac{\text{тн}}{\text{ростверк}}.$$

Несущая способность обеспечена при условии:

$$F_p > P_{1p},$$

$$2213,2 \frac{\text{тн}}{\text{ростверк}} > 607,5 \frac{\text{тн}}{\text{ростверк}}.$$

Условие выполняется, ростверк подобран, верно. По конструктивным требованиям подобрана высота ростверка 3,2 м т.к. отметка низа кабельного тоннеля на глубине -5,57 м от уровня земли.

Проведем проверку железобетонной плиты по прочности:

Нагрузка на плиту постоянная вычисляется ($P_{п.п.}$) по формуле 1 без учета нагрузки от свай, железобетонного основания и ростверка:

$$P_{п.п.} = 11,55 + 41,82 + 83,2 + 73 = 209,57 \text{ тн.}$$

Нагрузка на плиту постоянная с учетом коэффициентов ($P_{к.п.п.}$) вычисляется по формуле 3:

$$P_{к.п.п.} = 209,57 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 387,3 \text{ тн.}$$

Нагрузка на плиту временная с учетом коэффициентов ($P_{к.врем.п.}$) вычисляется по формуле 4:

$$P_{к.врем.п.} = 308,01 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,33 = 716,9 \text{ тн.}$$

Суммарная нагрузка с учетом коэффициентов ($P_{к.п.}$):

$$P_{\text{к.п.}} = 387,3 + 716,9 = 1104,2 \text{ тн.}$$

Площадь продольной арматуры $\varnothing 25$ мм А500с плиты ($A_{s\text{tot}}$):

$$A_{s\text{tot}} = 3,14 \cdot 0,0125^2 \cdot 64 = 0,032 \text{ м}^2.$$

Расчет несущей способности плиты ($F_{\text{п}}$):

$$F_{\text{п}} = R_s \cdot A_{s\text{tot}}, \quad (8)$$

где R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению;

$A_{s\text{tot}}$ – площадь продольной арматуры, м^2 .

$$F_{\text{п}} = 44357,7 \cdot 0,032 = 1419,45 \text{ тн.}$$

Несущая способность обеспечена при условии:

$$F_{\text{п}} > P_{\text{к.п.}},$$

$$1419,5 \text{ тн} > 1104,2 \text{ тн.}$$

Условие выполняется, плита подобрана, верно.

Согласно проведенному проверочному расчету, железобетонная конструкция, состоящая из восьми свай, двух железобетонных оснований, двух ростверков и железобетонной плиты выдерживают действующие временные и постоянные нагрузки, следовательно, геометрические размеры, класс бетона, а также армирование подобраны верно.

Выводы по второй главе:

На основании изученной информации в данной главе были определены нагрузки (с учетом коэффициентов):

а) временные:

- 1) снеговая,
- 2) от подвижного состава железнодорожного пути;

б) постоянные:

- 1) верхнее строение пути (рельсошпальная решетка, щебеночный слой),
- 2) песчаное основание,
- 3) железобетонная плита,
- 4) свайный фундамент.

Выполнен расчет геометрических характеристик плиты и свайного фундамента для защиты кабельного тоннеля от нагрузок железнодорожного пути. В процессе расчета была учтена специфика использования конструкции.

После подбора плиты и свайного фундамента был выполнен проверочный расчет на прочность защищающей конструкции кабельного тоннеля.

3 Технология устройства свайного фундамента при защите кабельного тоннеля

3.1 Подготовительные работы

Подготовительные работы включают:

- информирование балансодержателя о начале работ в охранной зоне кабельного тоннеля;
- устройство временных подъездных путей для автотранспорта;
- назначение лиц, ответственных за качественное и безопасное производство работ;
- уточнение расположения инженерных коммуникаций в пределах расположения свай (свайного поля);
- подготовка мест складирования строительных материалов, растительного грунта;
- устройство щебеночной площадки под буровую машину;
- расчистка площадки от кустов, деревьев, бытового и строительного мусора;
- срезка растительный слой грунта до суглинков, при необходимости подсыпать суглинками до проектной отметки и утрамбовать;
- разбивка осей свай с оформлением акта разбивки осей в присутствии балансодержателя;
- зона выполнения работ должна быть ограждена в соответствии с СТО 00232934- 12.07-2020;
- предусмотреть освещение рабочей зоны в темное время суток;
- провести инструктаж по безопасному производству работ с записью в журнале инструктажей;
- место производства работ снабдить первичными средствами пожаротушения;

- обеспечить рабочие места средствами доврачебной помощи, питьевой водой;
- организовать места для переодевания и приема пищи рабочего состава;
- организовать место под контейнер для строительного мусора для последующей его транспортировки на полигон ТБО.

В процессе производства работ необходимо заполнять «Журнал изготовления буронабивных свай», «Журнал общих работ», «Журнал бетонных работ», «Журнал сварочных работ».

Работы выполняются с учетом требований СП 45.13330.2017. «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87», СП 24.13330.2021. «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85».

3.2 Машины и механизмы необходимые для производства работ по защите кабельного тоннеля

Потребность в основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах определена в соответствии с характером и объемами работ, способами их выполнения, техническими характеристиками машин, механизмов, транспортных средств.

Вывоз грунта, извлекаемого из скважин при сооружении буровых свай, осуществляется автосамосвалами КамАЗ-55111 грузоподъемностью 13 т.

Бетон доставляется на строительную площадку автобетоносмесителями СБ-92 и укладывается с помощью бетононасоса BSA 1005D-E.

Перевозка конструкций и материалов - автомобилями из седельного тягача КамАЗ-54115-15 и полуприцепа СЗАП-93271.

Для монтажа обсадной трубы, арматурных каркасов используется кран КС-55713. Грузовые характеристики крана представлены на рисунке 8.

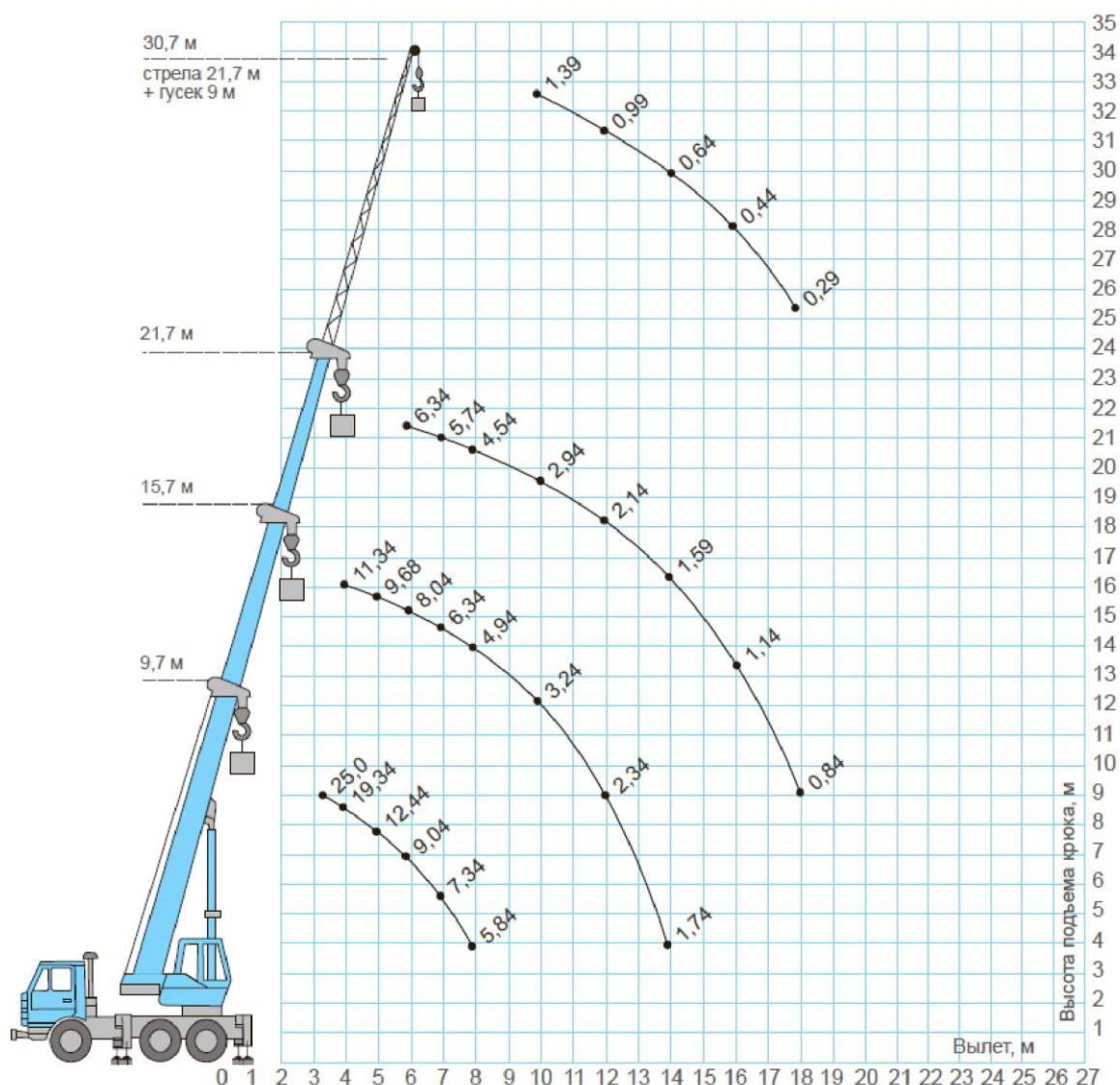


Рисунок 8 – Грузовые характеристики крана КС-55713

Для бурения скважин при устройстве свайных фундаментов применяется буровая установка Bauer BG 24 Н ВТ 75, представлена на рисунке 9.

Установка позволяет выполнять буровые работы диаметром до 2500 мм без обсадной трубы и с обсадной трубой до 2000 мм. Подходит для работы в стесненных условиях и в условиях плотной застройки.

Установкой выполняется:

- устройство обсаженных скважин (установка обсадной трубы с помощью привода вращения или при наличии дополнительного варианта оснащения с помощью гидравлического осциллятора, который питается от буровой установки);
- монтаж арматурного каркаса свай в скважину.



Рисунок 9 – Буровая установка Bauer BG 24 H BT 75

Технические характеристики буровой установки Bauer BG 24 H BT 75 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики буровой установки Bauer BG 24 H BT 75

Наименование характеристики	Показатель
Год выпуска	2008
Наработка моточасов	12900
Максимальная глубина бурения, м	57
Максимальный диаметр бурения, мм	2000
Максимальная глубина бурения непрерывного полого шнека (НПШ), м	21
Максимальный диаметр бурения НПШ, мм	1000
Мощность двигателя, кВт	287
Крутящий момент ротора, кН	233
Вес рабочий, т	81,5

3.3 Технология устройства свайного фундамента

Технология устройства свайного фундамента, состоящего из буронабивных свай с виброштампованием щебня в основании и низкого ростверка, представлена на рисунке 10.

1. Установка бурового стакана в рабочее положение. Начало бурения скважины. «Бурение скважин производят через одну с возвращением на пропущенные скважины после окончания схватывания бетонной смеси в выполненных сваях, но не ранее чем через 24 часа или набора прочности бетоном не менее 25% от проектной» [31]. Ответственному за безопасное производство работ убедиться, что подготовка выемок для устройства свай проведена в соответствии с проектом.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИЙ УСТРОЙСТВА БНС С ВИБРОВШТАМПОВАНИЕМ ЩЕБНЯ В ОСНОВАНИИ

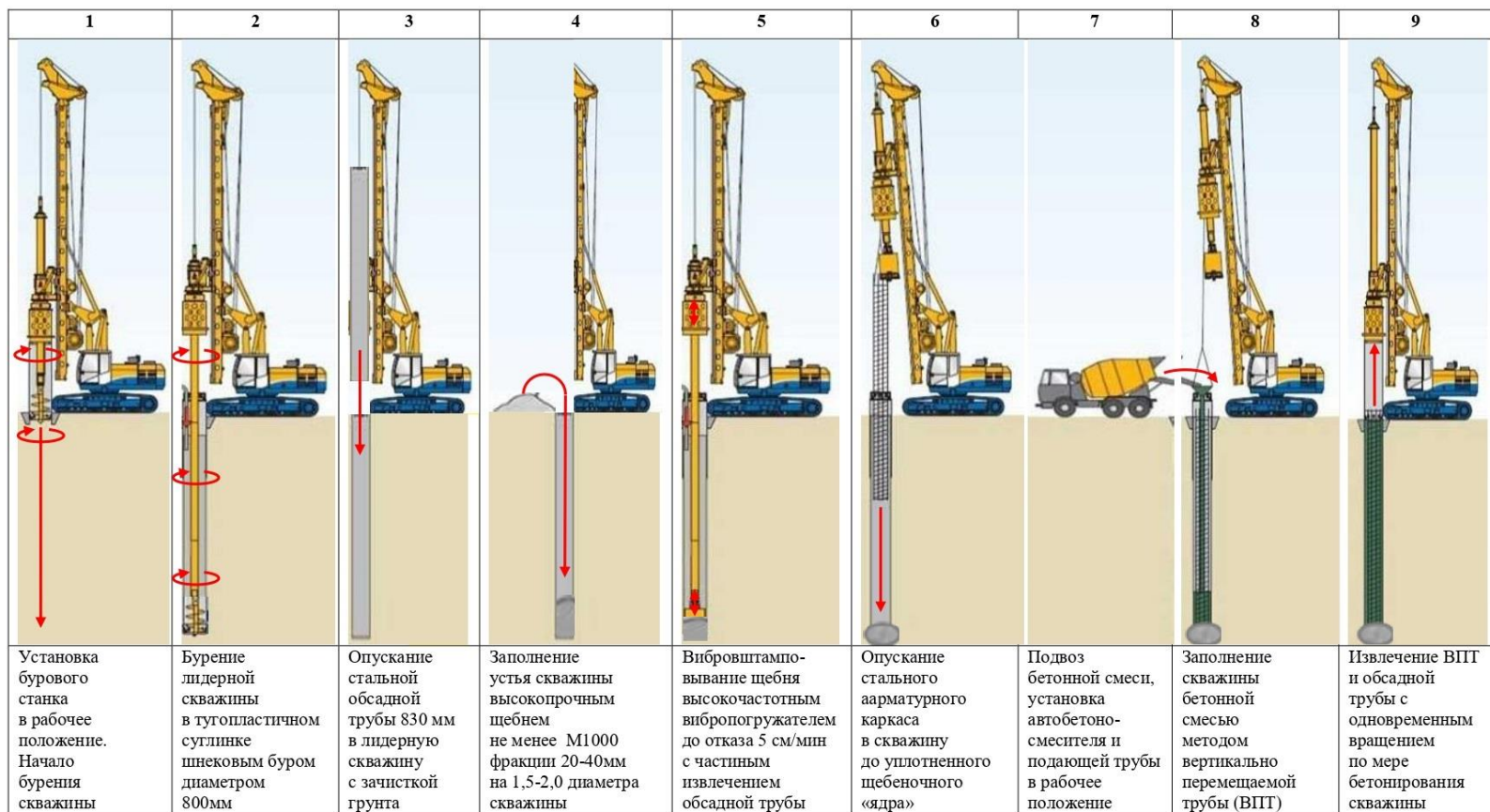


Рисунок 10 – Технологическая схема последовательности операций устройства БНС с виброштампованием щебня в основании

2. Бурение лидерной скважины в тугопластичном суглинке осуществляется шнековым буром диаметром 800 мм, представленном на рисунке 11. Опускание стальной обсадной трубы 830 мм в лидерную скважину с зачисткой грунта. Установка обсадной трубы необходима для того, чтобы рыхлый и мягкий грунт на уровне земли не разрушался и не обрушивался в скважину, тем самым мешая процессу бурения в дальнейшем. Во время установки трубы проводятся проверки на правильность положения и вертикальность. Необходимая регулировка должна быть произведена путем извлечения и повторного забивки трубы до тех пор, пока отклонение не окажется в пределах допуска. Геодезист должен проверить положение стальной обсадной трубы с помощью серии проверок на вертикальность, проверки правильного положения. Допуск на эксцентриситет стальной обсадной трубы с точностью до ± 75 мм на уровне отсечки в любом направлении на плане и вертикальность 1/75.



Рисунок 11 – Шнек на буровой установке

3. Заполнение устья скважины высокопрочным щебнем не менее М1000 фракции 20-40 мм на 1,5-2,0 диаметра скважины, так как диаметр скважины 800 мм следовательно щебень заполняется на высоту 1200-1600 мм. Виброштампование щебня высокочастотным вибропогружателем до отказа 5см/мин с частичным извлечением обсадной трубы. На рисунке 12 показана технологическая схема уплотнения основания буронабивных свай.

4. Опускание стального арматурного каркаса в скважину до уплотненного щебеночного «ядра». Подготовить арматурные каркасы. «Арматурные каркасы перед их установкой в скважины должны быть очищены от ржавчины и грунта» [31]. Армирование, правильность установки и закрепления опалубки должны быть приняты по акту. Для обеспечения контроля положения каркаса по глубине скважины после его установки и в процессе укладки бетонной смеси необходимо к одному из продольных стержней (в начальный период опускания каркаса в скважину) приварить стержень такой длины, чтобы его верх возвышался на 10-20 см над обсадной трубой.

5. Подвоз бетонной смеси, установка автобетоносмесителя и подающей трубы в рабочее положение. Заполнение скважины бетонной смесью методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Для бетонирования применяется приемный бункер с бетонолитной трубой диаметром 250-325 мм (объем бункера должен быть не менее внутреннего объема бетонолитной трубы). Секции бетонолитной трубы в стыках скрепляют болтами или замковыми соединениями, на первой (сверху) секции крепится приемный бункер, через который бетонная смесь подается в трубу. На этом же бункере закрепляют вибраторы. Перед началом бетонирования необходимо пролить трубу 10-15 л воды.

Перед опусканием бетонолитной трубы необходимо отвесом проверить отметку дна скважины. Если замеренная отметка дна превысит более чем на 5 см отметку, полученную после окончания бурения скважины, то осыпавшийся грунт необходимо удалить.

**ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ БНС ВИБРОВШТАМПОВАНИЕМ ЩЕБНЯ**

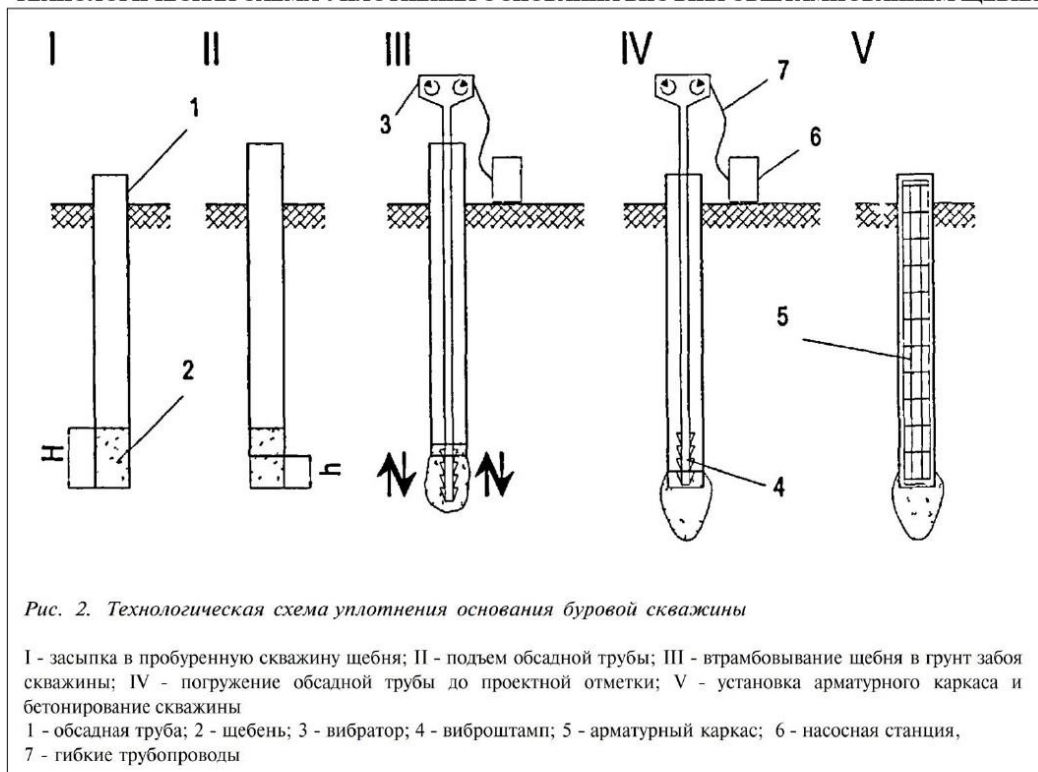


Схема распространения вибрационных воздействий и сил сопротивления грунта при виброштамповании

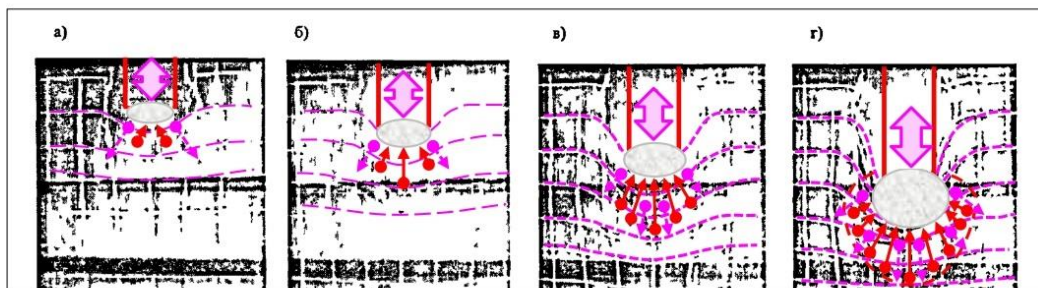


Рис. 3. Схема распространения изолиний вибрационных воздействий, концентраций уплотнения и направления сил сопротивления грунта в процессе втрамбовывания щебня в основании буровой скважины (получена на основании камеральной обработки результатов полевых вибростатических испытаний).

Условные обозначения:

- а), б), в), г) - циклы работы высокочастотного виброштампа по мере погружения обсадной трубы;
- стенки буровых скважин
 - уровни приложенный рабочего органа виброштампа и вибрационных воздействий;
 - щебеночное ядро $h=(0,8-1,5)d_{скв}$ из щебня не менее М1000 в основании буровой скважины;
 - направление сил сопротивления уплотненного грунта;
 - контур уплотненного грунта повышенной несущей способности $h=(1,8-2,2)d_{скв}$;
 - направление сил вибрационного воздействия на грунт при виброштамповании щебня;
 - изолинии концентраций уплотненного грунта основания буровой скважины.

Примечания:

1. Виброштампование щебня производится до получения отказа виброштампа 5 см/мин.
2. Для исключения воздействия вибраций на окружающие конструкции в стесненных условиях применяется высокочастотный вибропогружатель с частотой колебаний более 30 Гц.

Рисунок 12 – Технологическая схема уплотнения основания буронабивных свай

Расстояние между забоем скважины и нижним торцом бетонолитной трубы при начале бетонирования не должно превышать 30 см. В процессе бетонирования осуществляется подъем бетонолитной трубы. При этом нижний торец должен быть постоянно заглублен под уровень бетонной смеси не менее чем на 1 м. Процесс бетонирования сваи должен быть непрерывным до полного заполнения бетоном скважины.

6. Извлечение ВПТ и обсадной трубы с одновременным вращением по мере бетонирования скважины.

7. Устройство бетонной подготовки под ростверк. Бетонная подготовка выполняется из раствора марки М150. Размеры подготовки должны выступать на 100 мм от края ростверка и иметь высоту 150 мм.

8. Установка опалубки ростверка. При возведении опалубки необходимо соблюдать следующие требования: опалубка должна иметь необходимую прочность, жесткость и неизменяемость под воздействием технологических нагрузок; должна обеспечивать заданную точность размеров конструкций, а также правильность положения сооружения в пространстве; конструкция опалубки должна обеспечивать ее установку и снятие без повреждения бетона; не препятствовать удобству установки арматуры, укладки и уплотнения бетонной смеси.

При сборке опалубки должна быть обеспечена необходимая плотность в соединениях отдельных элементов. Щели в стыковых соединениях не должны быть более 2 мм.

Смонтированная и подготовленная к бетонированию опалубка, а также оборудование для ее подъема должны быть приняты по акту. Установка опалубки производится на весь объем бетонирования.

9. Монтаж в проектное положение пространственного каркаса ростверка. Арматура должна монтироваться в последовательности, обеспечивающей правильное ее положение и закрепление. Перед установкой арматуры на ней должны быть установлены подкладки (сухарики из цементного раствора), обеспечивающие необходимый для образования

защитного слоя зазор между арматурой и опалубкой. Смонтированная арматура должна быть закреплена от смещений и предохранена от повреждений, которые могут произойти в процессе производства работ по бетонированию конструкции.

Приемка смонтированной арматуры, а также сварных стыковых соединений должна осуществляться до укладки бетона и оформляться актом освидетельствования скрытых работ.

10. Бетонирование ростверка.

11. Устройство антикоррозийной защиты из раствора битума в бензине в 3 слоя.

3.3.1 Арматурные работы

Контроль качества арматурных работ проводится на нескольких этапах: при приемке и хранении стали, изготовлении арматуры на строительной площадке, сборке арматурных каркасов, а также при сдаче готовой арматуры.

Арматурная сталь, используемая для железобетонных конструкций, а также стыки и соединения арматурных элементов должны соответствовать проектным требованиям. Если нужная сталь или оборудование для стыковки отсутствуют, возможна их замена, но только с согласия проектной организации и заказчика.

На строительной площадке поступившая арматурная сталь, конструкции, закладные детали и анкера принимаются ответственным руководителем. При этом производится визуальный осмотр, замеры и сверка с паспортами, накладными и маркировкой. Все материалы должны быть разложены по партиям, отдельно друг от друга, с обязательной защитой от влаги и загрязнений.

Арматуру хранят под навесом, а закладные детали и анкера — в сухих закрытых помещениях. Резьбовые соединения обязательно обрабатываются антикоррозийной смазкой.

В процессе заготовки и изготовления арматуры проверяют:

- качество исходных заготовок;
- правильность сборки и качество сеток, каркасов и закладных деталей;
- состояние стыков и соединений арматуры и анкеров.

Если на стальной поверхности есть ржавчина или окалина, их необходимо удалить механическим способом. Для снижения расхода стали допускается выполнять стыковку арматуры контактной сваркой или сваркой трением, с обязательной проверкой качества швов и лабораторным тестированием.

Отклонения от прямолинейности стержней не должны превышать 3 мм на 1 м длины для стержней диаметром до 10 мм и 6 мм для более толстых стержней.

Сварочные работы могут выполнять только квалифицированные электросварщики, прошедшие аттестацию и имеющие удостоверения, подтверждающие их право на выполнение конкретных видов работ. Переаттестация сварщиков должна проводиться ежегодно.

3.3.2 Охрана труда арматурщиков

При монтаже арматуры на объекте необходимо строго соблюдать правила охраны труда, предусмотренные для строительно-монтажных работ.

Особое внимание следует уделить защите от поражения электротоком. Для этого сварочные трансформаторы обязательно заземляют, проверяют исправность электропроводки, а рабочим предоставляют средства индивидуальной защиты.

Во время подачи армокаркасов с использованием кранов нужно соблюдать правила безопасности при такелажных работах. Лестницы, рабочие проемы и площадки должны быть оборудованы прочными ограждениями.

Для арматурщиков действуют следующие запреты:

- нельзя стоять на привязанных или приваренных хомутах и стержнях;

- запрещено находиться на блоках опалубки до их полного закрепления;
- нельзя армировать прогоны и балки, стоя на опалубочных коробах, для выполнения таких работ необходимо устанавливать специальные настилы.

3.3.3 Бетонные работы

Сваи и ростверк бетонируют непрерывно. Бетонные смеси следует укладывать в конструкцию слоями одинаковой толщины. При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру, закладные изделия, элементы крепления опалубки. Глубина погружения глубинного вибратора в бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в ранее уложенный слой на 5-10 см, шаг перестановки не должен превышать полуторного радиуса его действия.

Высота свободного сбрасывания бетонной смеси в опалубку не должна превышать 2 м.

Укладка следующего слоя бетонной смеси допускается до начала схватывания бетона предыдущего слоя. Верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на 50-70 мм ниже верха щитов опалубки. Толщина укладываемых слоев бетонной смеси не должна быть более 1,25 длины рабочей части вибратора.

Поверхность рабочих швов, устраиваемых при укладке бетонной смеси с перерывами, должна быть перпендикулярна оси ростверка в пределах средней трети пролета.

Возобновление бетонирования допускается производить по достижении бетоном прочности не менее 1,5 МПа.

Мероприятия по уходу за бетоном, контроль за их выполнением и сроки распалубки должны устанавливаться ППР.

«Уход за свежееуложенным бетоном обычно делят на два периода. Начальный уход (1-3 ч после укладки бетона) заключается в предохранении свежееуложенного бетона от прямого воздействия солнечной радиации и

влияния ветра, что обеспечи-вают, тщательно укрывая его влагонепроницаемыми (полиэтиленовой пленкой, бре-зентом) или влагоемкими (мешковиной) материалами, поддерживаемыми во влажном состоянии.

В течение начального периода непосредственный контакт твердеющего бетона с водой не допускается.

Последующий уход, наступающий после завершения начального периода, заключается в обеспечении благоприятных условий твердения бетона следующими способами:

- выдерживают открытые горизонтальные поверхности бетона под слоем воды (метод покрывающих водных бассейнов);
- непрерывно распыляют влагу по поверхности конструкций;
- используют защитные пленки из пленкообразующих составов (битумные эмульсии, лак-этиноль и пр.)» [1].

Уход за бетоном состоит в следующем:

- при выдерживании уложенного бетона в начальный период его твердения необходимо поддерживать температурно-влажностный режим, обеспечивающий нарастание прочности бетона;
- предохранять твердеющий бетон от ударов, сотрясений и других механических воздействий;
- благоприятные температурно-влажностные условия для твердения бетона должны обеспечиваться предохранением его от воздействия ветра, прямых солнечных лучей и систематическим увлажнением;
- увлажнение следует производить с частотой, при которой поверхность бетона в период ухода все время была бы во влажном состоянии.

Организовывать вышеуказанные мероприятия при положительной температуре окружающей среды следует в наиболее благоприятные часы суток, т. е. вечером, утром и даже ночью.

Правила зимнего бетонирования должны соблюдаться в период производства бетонных работ при ожидаемой среднесуточной температуре наружного воздуха ниже плюс-минус 50°C и минимальной суточной температуре ниже 0°C.

Прочность бетона без противоморозных добавок к моменту замерзания должна быть 40% от проектной прочности, а для бетона с противоморозными добавками к моменту его охлаждения - до температуры, на которую рассчитано количество добавок 30% проектной прочности.

Основание, на которое укладывается бетонная смесь, должно иметь положительную температуру.

В качестве опалубки колонн необходимо применять утепленные щиты.

Конструкция утеплителя опалубки должна обеспечивать равномерное температурное поле плоскости с разницей температуры в отдельных ее точках не более плюс-минус 50°C. Открытые поверхности должны укрываться теплоизоляционными материалами.

Укладку бетонной смеси необходимо вести непрерывно.

В случае возникновения перерывов в бетонировании поверхность бетона необходимо утеплить.

Снятие опалубки и теплоизоляции с конструкций, выдержанных по методу "термоса", необходимо производить не ранее остывания бетона в наружных слоях до 0°C, а при электротермообработке - не ранее остывания до температуры, предусмотренной расчетом, не допуская примерзания опалубки к бетону, а при применении бетонов с противоморозными добавками - по достижении 30% проектной прочности.

Контроль качества монолитного бетона и железобетона в зимних условиях должен производиться в соответствии с СП70.13330.2012 «Контроль качества бетона».

Минимальная прочность бетона при распалубке ростверка должна быть не менее 70% проектной.

«Распалубливание конструкции следует производить аккуратно, с тем чтобы обеспечить сохранность опалубки для повторного применения, а также избежать повреждений бетона. Не следует задерживать снятие опалубки, так как это снижает ее оборачиваемость» [1].

Опалубку следует разбирать в порядке, при котором после отделения частей опалубки обеспечивается устойчивость и сохранность остающихся элементов.

Разборку опалубки и дальнейшее производство работ начинать после набора бетоном 70% проектной прочности.

3.3.4 Охрана труда бетонщиков

К выполнению работ по укладке бетона, его уплотнению с помощью вибраторов и распалубке допускаются только специально обученные рабочие старше 18 лет. Бетонщики, использующие вибраторы, обязаны регулярно проходить медицинские осмотры.

Работая с электровибраторами, бетонщики должны пользоваться средствами индивидуальной защиты: резиновыми сапогами и перчатками.

Распалубливать конструкции разрешается только с одобрения производителя работ, чтобы избежать аварийных ситуаций.

Обработка бетонных поверхностей на высоте до 5,5 м выполняется с приставных лестниц или переносных подмостей, оборудованных ограждениями.

«При подаче смеси по лоткам, виброжелобам и хоботам их нужно надежно прикрепить к опорным конструкциям.

При подаче бетонной смеси кранами нужно предусмотреть меры против самопроизвольного открывания затворов бадей.

Во время приема бады запрещается кому-либо находиться под ней. При выгрузке бетонной смеси из бады расстояние от низа бады до поверхности, на которую выгружают смесь, не должно превышать по вертикали 1 м.

При бетонировании с помощью бетононасосов бетонщики должны

иметь надежную сигнализацию для связи с мотористом бетононасоса» [1].

3.4 Требования к качеству и приемке работ

Контроль качества работ следует осуществлять путем систематического наблюдения и проверки соответствия выполняемых работ требованиям рабочего проекта.

Контроль качества работ включает три уровня:

- производственный контроль,
- строительный контроль,
- инспекционный контроль.

Производственный контроль следует проводить с целью обеспечения соответствия технологических операций требованиям рабочего проекта и нормативно-технических документов и своевременной корректировки этих операций в случае выхода контролируемых параметров за допустимые пределы.

Производственный контроль выполняется непрерывно в течение всего периода выполнения работ и включает две стадии: входной и операционный контроль.

Результаты производственного контроля качества работ по объекту следует фиксировать в исполнительной документации: специальных журналах, актах и заключениях.

В процессе изготовления буронабивных свай ведется постоянный, поэтапный контроль за:

- планово-высотной привязкой осей отдельных свай и их фактическим положением в плане;
- вертикальностью пробуренных скважин, их глубиной, величиной заглубления в несущий слой;
- установкой арматурных каркасов в скважины;
- технологией бетонирования ствола свай;

- правильностью и своевременностью заполнения «Журнала изготовления буронабивных свай».

«Приемка выполненных работ по устройству буронабивных свай производится до начала устройства ростверков на основании следующих документов и материалов:

- актов приемки материалов;
- актов лабораторных испытаний контрольных бетонных кубов;
- актов контрольной проверки качества укладки бетонной смеси в скважину и сплошности бетона, определяемые по результатам ультразвуковой диагностики;
- актов лабораторных испытаний бетонных кернов, высверленных из стволов свай;
- отчетов с заключениями по проведенным статическим испытаниям пробных буронабивных свай;
- исполнительной схемы расположения осей, выполненных буронабивных свай, с указанием отклонений от проектного положения в плане и результатов нивелировки оголовков свай;
- актов на скрытые работы;
- журналов на устройство буронабивных свай» [31].

Приемка буронабивных свай оформляется актами:

- освидетельствования и приемки пробуренных скважин;
- монтажа арматурных каркасов буронабивных свай;
- бетонирования свай;
- приемки свайного поля из буронабивных свай для бетонирования ростверков.

В актах освидетельствования скрытых работ фиксируются любые отклонения от проектных решений, выявленные в процессе выполнения строительно-монтажных операций. Документ описывает характер отступлений, их геометрические параметры, и возможные причины

возникновения. Завершающим этапом является предоставление общей оценки качества проведенных работ, основанной на соблюдении технических регламентов и проектной документации. На основании данных акта, принимается решение о возможности продолжения последующих этапов строительства.

Допускаемые отклонения при производстве свайного фундамента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Допускаемые отклонения при производстве свайного фундамента

Наименование	Допускаемое отклонение
Отметка голов свай	± 3 см
Смещение осей оголовка относительно осей свай	± 10 см
Размер поперечного сечения	± 6 мм
Местные неровности поверхности бетона при проверке двухметровой рейкой	5 мм
Толщина зазора между поверхностью грунта и нижней плоскостью ростверка	не менее 10 см
Расстояние в свету от сваи до края ростверка	не менее 5 см

Приемка ростверков оформляется актом на приемку ответственных конструкций.

3.4 Требования к качеству материалов

При поступлении строительных материалов на площадку необходимо осуществлять входной контроль, который включается в себя:

- «проверку сопроводительной документации, удостоверяющей качество продукции;
- регистрацию продукции в журналах учета результатов входного контроля;
- контролировать отбор складскими работниками выборок или проб, проверять комплектность, упаковку, маркировку, внешний вид и заполнить акт отбора выборок или проб;
- проводить контроль качества продукции по технологическому процессу входного контроля или передать в соответствующее подразделение выборки или пробы для испытаний;
- результаты испытаний должны быть переданы в производство вместе с проверенной продукцией. В производство должна передаваться принятая по результатам входного контроля продукция с соответствующей отметкой в учетных или сопроводительных документах» [3].

Входной контроль осуществляет лицами из состава инженерно-технических работников аттестованными на право проведения входного контроля, назначенными в соответствии с приказом.

Входной контроль проводится согласно СП 48.13330.2019 в отношении материально-технических ресурсов, предназначенных для использования при производстве строительно-монтажных работ.

Обязательными требования в отношении проведения входного контроля материально-технических ресурсов являются:

- проведение входного контроля материально-технических ресурсов, поступающих на строительную площадку;
- передача материально-технических ресурсов в производство после прохождения входного контроля.

По результатам входного контроля строительных материалов и ресурсов инженером по качеству материал вовлекается в производство работ.

Проведение входного контроля предусматривает со стороны

ответственных за контроль следующие действия (этапы).

1 этап - проверка сопроводительных документов на материально-технические ресурсы (сертификаты соответствия, гигиенические заключения, сертификаты о пожарной безопасности, сертификаты качества, паспорта, протоколы испытаний или другие документы, удостоверяющие качество примененных материалов, конструкций, деталей).

2 этап - проверка поступившего материала по количеству.

3 этап – визуально-измерительный контроль материально-технических ресурсов.

Требования к арматуре, поступающей на строительную площадку:

- проверить наличие паспорта качества и требуемых в нем данных;
- проверить элементы арматурных изделий и закладных деталей на предмет, отслаивающихся ржавчины и окалины, а также следов масла, битума и других загрязнений, которых не должно быть.

Требования к бетонной смеси, поступающей на строительную площадку:

- проверить наличие паспорта на бетонную смесь и требуемых в нем данных;
- путем внешнего осмотра убедиться в отсутствии признаков расслоения бетонной смеси, наличии в бетонной смеси требуемых фракций крупного заполнителя, в соответствии требуемой ее пластичности;
- при возникновении сомнений в качестве бетонной смеси потребовать контрольной проверки ее соответствия требованиям государственного стандарта и проекта.

Требования к пиломатериалам для опалубки, требующейся при бетонировании ростверка:

- доски хвойных, листовых пород не ниже II сорта;
- шириной не более 150 мм;
- влажностью – 18-20 %;

- прямоугольного сечения;
- параллельной распиловки с непрерывными кромками (обрезные доски);
- толщиной не менее 19 мм.

3.5 Общие требования охраны труда и промышленной безопасности

Ответственность за соблюдение мер охраны труда и промышленной безопасности возлагается на руководителей работ, назначенных приказом.

К выполнению работ допускаются сотрудники старше 18 лет, которые:

- ознакомились с проектом производства работ и технологической картой;
- прошли профессиональное обучение и имеют удостоверение по специальности;
- успешно прошли медицинский осмотр и признаны годными к работе в данных условиях;
- прошли вводный инструктаж по охране труда с записью в журнале;
- получили первичный инструктаж на рабочем месте, прошли стажировку и проверку знаний требований охраны труда (с записью в журнале).

Ответственное лицо руководит строительными работами лично или через бригадира. Все его указания обязательны для исполнения.

Рабочих необходимо обеспечить средствами индивидуальной защиты, включая спецодежду, обувь и другие необходимые элементы. Также должны быть выполнены меры коллективной защиты: установка ограждений, организация освещения, использование защитных и предохранительных устройств. Рабочие должны иметь доступ к санитарно-бытовым помещениям, соответствующим нормам и характеру работ.

Для обеспечения безопасности сотрудников, условия труда, отдыха и

питания должны быть строго изолированы от контакта с опасными веществами и материалами. Санитарно-бытовые объекты, включая гардеробные, душевые, комнаты отдыха и столовые, необходимо размещать вне опасных зон. Движение транспорта и пешеходные дорожки должны быть организованы таким образом, чтобы избежать пересечения с опасными зонами. В случае отсутствия выделенных помещений для отдыха и приема пищи, следует обустроить безопасные площадки за пределами опасных зон. Эти площадки должны отвечать санитарно-гигиеническим нормам и требованиям безопасности. Регулярный контроль соблюдения данных правил обязателен для минимизации рисков для здоровья сотрудников.

3.6 Мероприятия по охране окружающей среды в период производства работ

До начала производства работ необходимо строительной организации необходимо получить, оформить следующие разрешительные и организационные документы:

- распорядительные документы о назначении ответственных лиц, имеющих соответствующие аттестации (за обеспечение экологической безопасности, за обращение с отходами, за проведение производственного экологического контроля на объекте строительства);
- договора на сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение отходов I-IV класса опасности с организациями, имеющими необходимую лицензию на обращение с отходами;
- договор на передачу твердых коммунальных отходов региональному оператору (РО);
- паспорта опасных отходов I-IV класса опасности и документ, подтверждающий направление паспортов в территориальный орган

Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по месту осуществления хозяйственной деятельности.

С целью предотвращения влияния образующихся отходов производства и потребления на состояние окружающей среды предусмотреть следующие мероприятия:

- заключение договоров на вывоз, размещение и утилизацию отходов со специализированными организациями, имеющими лицензию на обращение с отходами;
- недопущение захламления зоны строительства мусором, отходами строительных материалов, а также ее загрязнение горюче-смазочными материалами;
- организация мест временного накопления отходов в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических правил и правил пожарной безопасности (контейнеры для накопления отходов должны быть оборудованы крышками, располагаться на специальных площадках с твердым водонепроницаемым основанием);
- регулярное контролирование условий временного накопления отходов для предотвращения загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод;
- проведение инструктажа персонала о правилах обращения с отходами, о недопущении загрязнения строительных площадок и растительного покрова прилегающих земельных участков;
- запрещение сжигания любых видов отходов в полосе отвода и за ее пределами;
- своевременный вывоз образовавшихся отходов;
- организация селективного сбора отходов.

Отходы производства и потребления должны своевременно вывозиться специализированными транспортными средствами строительной организации, при условии наличия лицензии на транспортирование отходов 1-4 класса опасности, либо силами специализированных организаций,

имеющих лицензию, с целью дальнейшего их обработки, утилизации, обезвреживания, размещения (захоронения) в соответствии с природоохранными требованиями, захоронение бракованных изделий, конструкций и других отходов, возможных для переработки, запрещается. Не допускается выпуск воды со строительной площадки.

При проведении строительно-монтажных работ должны обеспечиваться мероприятия по охране животного мира:

- запрет применения технологий и механизмов, которые могут вызвать массовую гибель объектов животного мира;
- запрет самовольной охоты.

Временные автомобильные подъездные пути устраиваются в местах, согласованных с ГИБДД.

При проведении аварийных ремонтов и заправке нефтепродуктами автотранспорта на месте производства работ с целью исключения загрязнения почвенно-растительного слоя проливами нефтепродуктов, применяются специальные поддоны, полимерное пленочное покрытие и производится обваловка из минерального грунта мест производства работ.

С целью предотвращения загрязнения земель нефтепродуктами предусмотрены следующие мероприятия:

- места размещения емкостей для хранения горюче-смазочных материалов должны быть обвалованы и гидроизолированы;
- использование при строительно-монтажных работах исправной техники при отсутствии на ней подтеков масла и топлива, а также очищенных от наружной смазки тросов, стропов, используемых устройств и механизмов;
- оснащение участка строительства емкостями для сбора ГСМ, расположенных на твёрдом, гидроизолированном покрытии;
- применение специальных поддонов, емкостей при проведении аварийных ремонтов и заправке нефтепродуктами техники;

- своевременное обслуживание техники в объемах ежедневного технического обслуживания (ЕО), первого технического обслуживания (ТО–1), второго технического обслуживания (ТО–2), и сезонного технического обслуживания (СО);
- мойка автотехники и выполнение необходимых ремонтных и профилактических работ только на специально оборудованной для этих целей площадке, размещаемой за пределами водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов.

С целью недопущения несанкционированного загрязнения воздушного бассейна вредными вышеуказанными веществами, а также их уменьшения предусматриваются следующие мероприятия:

- комплектация парка техники строительными машинами с учетом значений удельных выбросов вредных веществ в атмосферу;
- проведение при ТО контроля за выбросами загрязняющих веществ от автостроительной техники и выполнение немедленной регулировки двигателей в случае обнаружение выбросов NO₂ и СО, превышающих нормативные;
- выполнение требований по контролю дымности;
- запрет на оставление техники, не задействованной в технологии строительства с работающими двигателями в ночное время;
- строгое соблюдение правил противопожарной безопасности;
- обязательное использование оборудования по эффективной очистке, обезвреживанию и утилизации уловленных продуктов из вредных выбросов в атмосферу;
- сжигание любых видов отходов на участке строительства запрещается.

К числу необходимых природоохранных мероприятий, позволяющих уменьшить негативное воздействие на состояние поверхностных вод, относятся:

- соблюдение технологии строительства;

- оснащение строительных площадок специально оборудованными местами для сбора хозяйственно-бытовых сточных вод;
- базирования строительной техники на специально отведенной площадке;
- недопущение слива ГСМ на месте производства работ;
- осуществление забора воды для производственно-технических и хозяйственно-бытовых нужд и передача стоков только по договору со специализированными организациями;
- оснащение строительных площадок контейнерами для временного накопления твердых коммунальных и производственных отходов;
- недопущение попадания нефтепродуктов в стоки ливневых и талых вод;
- установка ДЭС, компрессорного, отопительного и насосного оборудования на твердое водонепроницаемое основание;
- контроль количества и рационального использования водных ресурсов и недопущения использования их не по назначению.

При условии неукоснительного соблюдения всего вышеперечисленного комплекса мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду, можно с уверенностью утверждать, что в процессе производства строительных работ гарантировано существенное снижение риска причинения вреда окружающему миру и экологии. Ответственный подход к вопросам экологической безопасности является неотъемлемой частью современного строительного процесса.

3.8 Анализ экономической эффективности

Цель экономического анализа показать преимущество использования метода строительства с использованием бесперебойного обеспечения эксплуатации подземных коммуникаций на примере строительства железнодорожного пути, пересекающего кабельный тоннель с линиями

напряжением 110 кВ, принадлежащий предприятию по производству автомобилей АО «АВТОВАЗ».

В рамках реализации проектов по строительству транспортной инфраструктуры одним из ключевых факторов, определяющих экономическую эффективность, является минимизация негативного воздействия на существующие инженерные сети. Традиционные методы строительства, такие как возведение эстакад, галерей и путепроводов, часто сопряжены с необходимостью временного или постоянного отключения коммуникаций, что влечет за собой значительные экономические издержки, связанные с простоем предприятий, нарушением функционирования различных объектов.

Метод с использованием свайного фундамента, описанный в диссертации, является наиболее экономически выгодным, как для предприятия, балансодержателя подземной коммуникации, так и для подрядной организации.

Проведем сравнительный анализ двух методов строительства. Начнем с традиционного метода устройства кабельной галереи, который предполагает переустройство сети, следовательно, потребуется ее отключение, вывод из эксплуатации.

В случае отсутствия работы кабельных сетей предприятие вынуждено переключиться на резервную линию, которая рассчитана на обеспечение электроэнергией дорогостоящего оборудования, однако другие необходимые для производства элементы, зависящие от сети, приостановят свою работу, а значит предприятие потерпит убытки.

Опираясь на данные сети Интернет, произведем расчет убытков от одного дня простоя АО «АВТОВАЗ».

1. Определение объема производства.

По данным сети Интернет совет директоров АО «АВТОВАЗ» утвердил план, согласно которому в 2025 году с конвейеров сойдет 500 тысяч

автомобилей. Исходя из полученной информации, можно сделать вывод, что в сутки производится ($V_{\text{сут.}}$):

$$V_{\text{сут.}} = \frac{V_{\text{год.}}}{365} = \frac{500000}{365} = 1370 \text{ ед}, \quad (9)$$

где $V_{\text{сут.}}$ – объем продукции, производимой в сутки, ед.;

$V_{\text{год.}}$ – объем продукции, производимой в год, ед.

2. Расчет потенциальной выручки.

Исходя из информации, представленной на официальном сайте LADA стоимость автомобилей варьируется от 750 тысяч рублей до 2 800 тысяч рублей в зависимости от конфигурации и модели. Тогда средняя стоимость ($S_{\text{ср.}}$) автомобиля:

$$S_{\text{ср.}} = \frac{\sum S_n}{n} = \frac{750000 + 2800000}{2} = 1\,775 \text{ тыс. руб}, \quad (10)$$

где $\sum S_n$ – сумма стоимости всех единиц продукции, руб.;

n – количество единиц продукции, ед.

Потенциальная выручка (ПВ):

$$\text{ПВ} = V_{\text{сут.}} \cdot S_{\text{ср.}} = 1370 \cdot 1775000 = 2,432 \text{ млрд. руб}, \quad (11)$$

где ПВ – потенциальная выручка, руб.;

$V_{\text{сут.}}$ – объем производимой продукции за сутки, ед.;

$S_{\text{ср.}}$ – средняя стоимость продукции, руб.

3. Переменные издержки.

Включают в себя сырье, материалы, заработную плату операторов, доставку продукции и составляют $\approx 479,25$ тыс. руб./авто. Из этого следует в день $\approx 656,57$ млн. руб.

4. Постоянные издержки.

Содержат коммунальные платежи, страховые взносы, налог и т.д. $\approx 319,5$ тыс. руб./авто, следовательно в сутки $\approx 437,715$ млн. руб.

5. Потенциальные расходы:

$$ПР = \sum И = 656,57 \text{ млн. руб.} + 437,715 \text{ млн. руб.} = 1,094 \text{ млрд. руб.}, (12)$$

где ПР – потенциальный расход, руб.;

$\sum И$ – сумма издержек (переменные и постоянные), руб.

6. Прибыль, которая не будет получена из-за одного дня простоя:

$$ОУ = ПВ - ПР = 2,432 \text{ млрд. руб.} - 1,094 \text{ млрд. руб.} \approx 1,338 \text{ млрд. руб.}, (13)$$

где ОУ – общие убытки, руб.;

ПВ – потенциальная выручка, руб.;

ПР – потенциальные расходы, руб.

По результатам произведенного выше расчета получаем стоимость одного дня простоя $\approx 1,338$ млрд. рублей.

По укрупненным нормативам цены строительства (НЦС 81-02-22-2025) сборник № 22 «Объекты использования атомной энергии» произведем расчет устройства кабельной галереи.

Показатель НЦС 22-15-007-01 принимается по таблице 22-15-007 «Эстакады двухярусные»: эстакады двухярусные открытые кабельные с металлическими пролетными строениями и высотой опор от 2,7 до 7,3 м на 100 м – 86 700,41 тыс. рублей.

Длина устройства галереи над железной дорогой составляет 12 м, согласно принятой в населенном пункте полосе отвода 6 м от оси железнодорожного пути в обе стороны, принятой для безопасной эксплуатации.

Расчет стоимости объекта:

$$C = \left(\text{НСЦ} \cdot M \cdot K_{\text{пер.}} \cdot K_{\frac{\text{пер.}}{\text{зоны}}} \cdot K_{\text{рег.}} + Z_p \right) \cdot I_{\text{пр}} + \text{НДС}, \quad (14)$$

где C – стоимость объекта, тыс. руб.;

НСЦ – выбранный показатель НЦС с учетом функционального назначения объекта и его мощностных характеристик, для базового района в уровне цен на 01.01.2025;

M – мощность объекта, планируемого к строительству, $M = 12$ м;

$K_{\text{пер.}}$ – коэффициент перехода от цен базового района к уровню цен субъектов РФ, $K_{\text{пер.}} = 0,83$;

$K_{\frac{\text{пер.}}{\text{зоны}}}$ – коэффициент перехода от цен первой ценовой зоны субъекта РФ к уровню цен частей территории субъектов РФ, $K_{\frac{\text{пер.}}{\text{зоны}}} = 1,01$;

$K_{\text{рег.}}$ – коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия осуществления строительства в субъекте РФ по отношению к базовому району, $K_{\text{рег.}} = 1$;

Z_p – дополнительные затраты, не предусмотренные в показателях НЦС, $Z_p = 1\,264,2$ тыс. руб.;

$I_{\text{пр}}$ – индекс-дефлятор, $I_{\text{пр}} = 1$;

НДС – налог на добавленную стоимость (20 %).

Дополнительные затраты в виде демонтажных работ представлены в таблице № 3 и составляют 1 264,2 тыс. руб. без НДС.

Стоимость объекта:

$$\begin{aligned} C &= (86\,700,41 \cdot 0,12 \cdot 0,83 \cdot 1,01 \cdot 1 + 1\,264,2) \cdot 1 + 1\,997,2 = \\ &= 11\,983,1 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Таким образом, получаем стоимость устройства кабельной эстакады над железной дорогой – 11 983,1 тыс. руб. без учета простоя предприятия.

Таблица 3 – Локальный ресурсный сметный расчет по демонтажным работам

Самарская область, г. Тольятти, строительство железнодорожного пути от станции "Тольятти" до ОЭЗ						
<i>наименование (объекта) стройки</i>						
ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № РС-01-01-01						
<i>(локальная ресурсная смета)</i>						
Демонтаж кабельного тоннеля, пересекающего железнодорожные пути на ПК 25+62,04						
<i>(наименование работ и затрат, наименование объекта)</i>						
Сметная стоимость 1 523,04 тыс. руб.						
Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 2 квартал 2025 г. ГЭСН-2001 (редакция 2014 г.)						
№ п.п.	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
					на единицу измерения	общая
1	2	3	4	5	6	7
		Демонтаж кабельного тоннеля				
1	01-02-057-02	Срезка растительного слоя (ручным способом)	100 м3	0,105	47 375,33	4 974,41

Продолжение таблицы 3

	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	16,17	307,63	4 974,41
	0-0002	Рабочий 2 разряда				
2	01-02-057-02	Разработка котлована (ручным способом)	100 м3	2,30	47 375,33	108 963,25
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	354,20	307,63	108 963,25
	0-0002	Рабочий 2 разряда				
3	06-01-001-16	Устройство фундаментных плит железобетонных: плоских (демонтаж)	100 м3	0,300	114 723,72	34 417,12
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	220,66	74 235,15	22 270,55
	0-0003	Рабочий 3 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	27,31	15 176,91	4 553,07
	020129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	26,06	21 254,92	6 376,47
	60604	Экскаваторы одноковшовые электрические шагающие при работе на гидроэнергетическом строительстве 15 м3	маш.-ч	0,19	2 617,71	785,31
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,27	229,39	68,82
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	1,47	1 209,64	362,89
4	06-01-024-01	Устройство стен подвалов и подпорных стен: бетонных (демонтаж)	100 м3	0,384	155 430,02	59 685,13
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	358,02	123 411,31	47 389,94
	1-1032	Рабочий-строитель 3,2 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	20,60	11 970,04	4 596,50
	020129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	18,80	15 333,58	5 888,10

Продолжение таблицы 3

	60604	Экскаваторы одноковшовые электрические шагающие при работе на гидроэнергетическом строительстве 15 м3	маш.-ч	0,19	2 617,71	1 005,20
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,27	229,39	88,09
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	2,27	1 867,99	717,31
5	33-01-024-09	Подвеска проводов ВЛ 110 кВ сечением: до 240 мм2 без пересечений с препятствиями при длине анкерного пролета до 1 км (демонтаж)	1 км линии (3 провода)	0,096	86 419,87	8 296,31
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	104,09	39 493,24	3 791,35
	1-1040	Рабочий-строитель 4 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	17,61	18 298,98	1 756,70
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	11,31	26 186,56	2 513,91
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	2,41	2 441,09	234,34
6	29-02-026-02	Обратная засыпка	100 м3	2,25	143 117,86	321 585,82
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	7,35	370,74	2 724,05
	1-1038	Рабочий-строитель 3,8 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	29,39	7 171,77	210 783,76
	31811	Погрузчики одноковшовые универсальные фронтальные пневмоколесные 2 т	маш.-ч	7,08	802,40	5 679,43
	120910	Катки на пневмоколесном ходу 16 т	маш.-ч	7,39	1 475,66	10 909,01
	121601	Машины поливомоечные 6000 л	маш.-ч	7,39	1 038,40	7 676,51
	141000	Грейфер широкозахватный на базе экскаватора для проходки траншей противofильтрационных завес	маш.-ч	7,53	3 158,53	23 775,67
	407-9085	Грунт (песок)	м3	247,17	240,00	59 320,80

Продолжение таблицы 3

	411-0001	Вода	м3	22,47	31,89	716,59
		ИТОГИ ПО СМЕТЕ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1 046,54		190 113,56
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	83,83		221 690,03
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1 130,37		411 803,58
		Стоимость эксплуатации машин				126 118,45
		Стоимость материалов				60 037,39
		Итого прямые затраты по смете				597 959,42
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 108% от ФОТ текущего 411 803,58				444 747,87
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 55% от ФОТ текущего 411 803,58				226 491,97
		Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью				1 269 199,27
		Налоги				
	ФЗ РФ от 07.07.03 117-ФЗ	НДС, 20%				253 839,85
		Итого				1 523 039,12
		ВСЕГО ПО СМЕТЕ				1 523 039,12

Строительство транспортных путей без отключения инженерных коммуникаций согласно смете, представленной ниже в таблице 4, составляет 5 022 622,38 рублей, что в 400 раз дешевле одного дня простоя, который может потребоваться при использовании других методов строительства таких, как устройство эстакады, галереи и т.д. Сравнение явно свидетельствует о превосходстве выбранного метода с точки зрения экономической эффективности. Строительство без отключения коммуникаций позволяет избежать перерывов в работе систем, что крайне важно для непрерывности производства. Устройство галереи, хоть и является распространенным методом, сопряжено с необходимостью временного отключения и перекладки коммуникаций, влекущих за собой значительные финансовые потери. Следовательно, рассматриваемый подход не только экономит средства, но и минимизирует риски, связанные с простоями и нарушением стабильности работы инженерных сетей. Выбор метода строительства, исключающего отключение коммуникаций, является стратегически обоснованным и позволяет оптимизировать затраты, обеспечивая при этом непрерывность функционирования жизненно важных систем.

Таким образом, применение метода строительства транспортных путей без отключения инженерных сетей представляется экономически целесообразным и обоснованным решением. Использование данного метода позволяет значительно сократить экономические издержки, связанные с простоем предприятий и нарушением функционирования объектов жизнеобеспечения, и обеспечить своевременную и эффективную реализацию проектов по строительству и реконструкции транспортной инфраструктуры.

В целом, метод строительства без отключения сетей является более прогрессивным, экономичным и безопасным способом реализации проектов по строительству транспортной инфраструктуры, позволяющим минимизировать негативные последствия для экономики предприятий, населения и окружающей среды.

Таблица 4 – Локальный ресурсный сметный расчет

Самарская область, г. Тольятти, строительство железнодорожного пути от станции "Тольятти" до ОЭЗ						
наименование (объекта) стройки						
ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № РС-01-01-01						
(локальная ресурсная смета)						
Усиление кабельного тоннеля, пересекающего железнодорожные пути на ПК 25+62,04						
(наименование работ и затрат, наименование объекта)						
Сметная стоимость 5 022,62 тыс. руб.						
Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 2 квартал 2025 г. ГЭСН-2001 (редакция 2014 г.)						
№ п.п.	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
					на единицу измерения	общая
1	2	3	4	5	6	7
		Усиление кабельного тоннеля				
1	01-02-057-02	Срезка растительного слоя (ручным способом)	100 м3	0,105	47 375,33	4 974,41
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	16,17	307,63	4 974,41
	0-0002	Рабочий 2 разряда				

Продолжение таблицы 4

2	01-02-057-02	Разработка котлована (ручным способом)	100 м3	2,30	47 375,33	108 963,25
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	354,20	307,63	108 963,25
	0-0002	Рабочий 2 разряда				
3	05-01-059-02	Бурение скважин диаметром 800 мм	1 м	128,00	1 860,27	238 114,38
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	157,44	362,06	57 002,60
	1-1036	Рабочий-строитель 3,6 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	53,76	238,61	12827,78
	140602	Установки буровые для бурения скважин под сваи ковшового бурения, глубиной до 24 м, диаметром до 1200 мм	маш.-ч	53,76	1569,21	84360,79
	109-9101	Расход бурового инструмента	компл.	0,5760	145 700,00	83923,20
4	05-01-091-01	Втрамбовывание щебня для устройства уширения основания скважин под сваи	1 м3	8,36	16 685,70	139 492,46
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	70,98	375,07	26 621,43
	1-1039	Рабочий-строитель 3,9 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	19,90	1 260,50	25 079,96
	021244	Краны на гусеничном ходу при работе на других видах строительства 25 т	маш.-ч	1,50	1133,18	1705,21
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,42	849,51	355,09
	382004	Оборудование для вытрамбовывания скважин на базе крана РДК-25	маш.-ч	17,97	3 751,46	67 428,67

Продолжение таблицы 4

	103-0256	Трубы стальные электросварные прямошовные и спирально-шовные группы А и Б с сопротивлением по разрыву 38 кгс/мм ² , наружный диаметр 820 мм, толщина стенки 12 мм	м	0,008	22 513,08	188,21
	201-0778	Прочие индивидуальные сварные конструкции, масса сборочной единицы до 0,1 т	т	0,033	137 339,56	4592,63
	401-0006	Бетон тяжелый, класс В15 (М200)	м ³	0,0033	7 747,37	25,9072
	408-0007	Щебень из природного камня для строительных работ марка 1200, фракция 20-40 мм	м ³	8,36	1 614,28	13 495,34
5	05-01-061-01	Установка в скважину арматурного каркаса	1 скважина	8,00	32 859,92	262 879,33
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	28,40	370,74	10 528,90
	1-1038	Рабочий-строитель 3,8 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	26,88	1 949,12	52 392,47
	21243	Краны на гусеничном ходу при работе на других видах строительства до 16 т	маш.-ч	26,88	914,64	24585,57
	040202	Агрегаты сварочные передвижные с номинальным сварочным током 250-400 А с дизельным двигателем	маш.-ч	21,52	132,16	2844,08
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	2,80	822,88	2 304,08
	101-1513	Электроды диаметром 4 мм Э42	т	0,01	134 817,05	1294,24
	204-9120	Каркасы арматурные	т	3,89	43 449,07	168 929,98

Продолжение таблицы 4

6	05-01-062-01	Бетонирование свай	1 м3	64,24	8 249,67	529 958,64
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	41,11	362,06	14 885,56
	1-1036	Рабочий-строитель 3,6 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	22,48	218,50	4 912,70
	21243	Краны на гусеничном ходу при работе на других видах строительства до 16 т	маш.-ч	22,48	914,64	20 564,80
	111100	Вибратор глубинный	маш.-ч	15,42	17,94	276,53
	270301	Насосы грязевые, подача 23,4-65,3 м3/ч, давление нагнетания 15,7-5,88 МПа (160-60 кгс/см2)	маш.-ч	13,49	308,78	4 165,60
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	4,50	822,88	3 700,35
	103-0576	Трубы бесшовные обсадные из стали группы Д и Б с короткой треугольной резьбой, наружным диаметром 630 мм, толщина стенки 7 мм	м	19,27	9 582,00	184 664,30
	401-9021	Бетон В25W6F100	м3	64,24	4 620,00	296 788,80
7	06-01-001-01	Устройство бетонной подготовки (под ростверк)	100 м3	0,02	532 305,80	8 559,48
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	2,89	307,63	890,41
	1-1020	Рабочий-строитель 2 разряда				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,29	9643,47	2 791,21
	20129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	0,29	815,62	236,07
	111301	Вибратор поверхностный	маш.-ч	0,77	4,72	3,64
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,00	822,88	1,72
	101-1668	Рогожа	м2	4,02	133,31	535,92

Продолжение таблицы 4

	401-9021	Бетон В7,5	м3	1,64	2500,00	4 100,40
	411-0001	Вода	м3	0,00	31,89	0,10
8	06-01-024-05	Устройство ростверка	100 м3	0,08	1 455 218,61	113 507,05
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	41,69	344,71	14 372,20
	1-1032	Рабочий-строитель 3,2 разряда		0,00		
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	2,10	15 262,10	32 118,17
	020129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	1,98	815,62	1 612,72
	21141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,11	1 057,19	112,15
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,02	849,51	17,89
	040502	Установки для сварки ручной дуговой(постоянного тока)	маш.-ч	3,90	76,46	298,09
	111100	Вибратор глубинный	маш.-ч	2,11	17,94	37,79
	331532	Пила цепная электрическая	маш.-ч	0,06	30,87	1,81
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,16	822,88	130,94
	101-1513	Электроды диаметром 4 мм Э42	т	0,00	134 817,05	630,94
	101-1714	Болты с гайками и шайбами строительные	т	0,00	118 152,80	460,80
	101-1805	Гвозди строительные	т	0,00	156 552,46	317,49
	102-0025	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 40-75 мм, III сорта	м3	0,01	16 821,09	91,84
	102-0061	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 44 мм и более, III сорта	м3	0,07	13 801,92	936,60

Продолжение таблицы 4

	203-0511	Щиты из досок толщиной 25 мм	м2	3,28	464,38	1 521,30
	204-9001	Арматура	т	0,47	51 823,00	24 253,16
	401-9021	Бетон В25W6F100	м3	7,92	4 620,00	36 576,54
	405-0253	Известь строительная негашеная комовая, сорт I	т	0,00	9 599,92	16,47
	411-0001	Вода	м3	0,01	31,89	0,17
9	06-01-024-05	Устройство монолитных вертикальных элементов усиления	100 м3	0,29	1 455 218,61	422 013,40
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	155,02	344,71	53 435,09
	1-1032	Рабочий-строитель 3,2 разряда		0,00		
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	7,82	15 262,10	119 413,70
	020129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	7,35	815,62	5 996,00
	21141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,39	1 057,19	416,95
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,08	849,51	66,52
	040502	Установки для сварки ручной дуговой (постоянного тока)	маш.-ч	14,49	76,46	1 108,28
	111100	Вибратор глубинный	маш.-ч	7,83	17,94	140,49
	331532	Пила цепная электрическая	маш.-ч	0,22	30,87	6,71
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,59	822,88	486,82
	101-1513	Электроды диаметром 4 мм Э42	т	0,02	134 817,05	2 345,82
	101-1714	Болты с гайками и шайбами строительные	т	0,01	118 152,80	1 713,22
	101-1805	Гвозди строительные	т	0,01	156 552,46	1 180,41

Продолжение таблицы 4

	102-0025	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 40-75 мм, III сорта	м3	0,02	16 821,09	341,47
	102-0061	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 44 мм и более, III сорта	м3	0,25	13 801,92	3 482,22
	203-0511	Щиты из досок толщиной 25 мм	м2	12,18	464,38	5 656,11
	204-9001	Арматура	т	1,74	51 823,00	90 172,02
	401-9021	Бетон В25W6F100	м3	29,44	4 620,00	135 989,70
	405-0253	Известь строительная негашеная комовая, сорт I	т	0,01	9 599,92	61,25
	411-0001	Вода	м3	0,02	31,89	0,62
10	06-01-041-03	Устройство монолитных горизонтальных элементов усиления (перекрытие)	100 м3	0,29	1 585 291,78	459 734,62
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	196,77	339,97	66 894,75
	1-1031	Рабочий-строитель 3,1 разряда		0,00		
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	7,12	13 510,57	96 188,48
	020129	Краны башенные при работе на других видах строительства 8 т	маш.-ч	6,84	815,62	5 579,71
	21141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,20	1 057,19	211,54
	030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	0,08	849,51	66,52
	111100	Вибратор глубинный	маш.-ч	9,94	17,94	178,25
	331532	Пила цепная электрическая	маш.-ч	0,84	30,87	25,96
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,30	822,88	248,18

Продолжение таблицы 4

	101-0816	Проволока светлая диаметром 1,1 мм	т	0,00	133 314,00	243,56
	101-1782	Ткань мешочная	10 м2	0,62	1 107,68	690,64
	101-1805	Гвозди строительные	т	0,02	156 552,46	3 223,42
	101-2598	Стойки деревометаллические раздвижные инвентарные	шт.	0,67	13 200,70	8 804,87
	102-0025	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 40-75 мм, III сорта	м3	1,10	16 821,09	18 536,84
	102-0032	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, II сорта	м3	0,17	28 178,92	4 903,13
	102-0053	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 25 мм, III сорта	м3	0,09	14 377,00	1 334,19
	102-0061	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 44 мм и более, III сорта	м3	0,46	13 801,92	6 404,09
	201-9002	Конструкции стальные	т	0,07	48 365,00	3 366,20
	203-0511	Щиты из досок толщиной 25 мм	м2	15,25	464,38	7 083,61
	204-9001	Арматура	т	1,92	51 823,00	99 640,08
	401-9021	Бетон В25W6F100	м3	29,44	4 620,00	135 989,70
	405-0253	Известь строительная негашеная комовая, сорт I	т	0,01	9 599,92	119,71
	411-0001	Вода	м3	0,04	31,89	1,18
11	08-01-003-07	Гидроизоляция боковая обмазочная битумная в 2 слоя по выровненной поверхности бутовой кладки, кирпичу, бетону	100 м2	2,39	20 411,49	48 758,97

Продолжение таблицы 4

	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	50,64	375,07	18 994,73
	1-1039	Рабочий-строитель 3,9 разряда		0,00		
	121011	Котлы битумные передвижные 400 л	маш.-ч	4,66	283,20	1 319,19
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,48	822,88	393,14
	101-0073	Битумы нефтяные строительные марки БН-90/10	т	0,04	18 077,12	690,92
	101-0322	Керосин для технических целей марок КТ-1, КТ-2	т	0,06	34 072,18	1 953,40
	101-0594	Мастика битумная кровельная горячая	т	0,57	44 307,30	25 401,91
	101-1757	Ветошь	кг	0,24	23,79	5,68
12	29-02-026-02	Обратная засыпка пространства между тоннелем и усиливающим элементом	100 м3	2,25	143 117,86	321 585,82
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	7,35	370,74	2 724,05
	1-1038	Рабочий-строитель 3,8 разряда		0,00		
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	29,39	7 171,77	210 783,76
	31811	Погрузчики одноковшовые универсальные фронтальные пневмоколесные 2 т	маш.-ч	7,08	802,40	5 679,43
	120910	Катки на пневмоколесном ходу 16 т	маш.-ч	7,39	1 475,66	10 909,01
	121601	Машины поливомоечные 6000 л	маш.-ч	7,39	1 038,40	7 676,51
	141000	Грейфер широкозахватный на базе экскаватора для проходки траншей противофильтрационных завес	маш.-ч	7,53	3 158,53	23 775,67
	407-9085	Грунт (песок)	м3	247,17	240,00	59 320,80
	411-0001	Вода	м3	22,47	31,89	716,59
		ИТОГИ ПО СМЕТЕ				

Продолжение таблицы 4

		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1122,66		380 287,38
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	169,75		556 508,23
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1292,41		936 795,61
		Стоимость эксплуатации машин				279 028,48
		Стоимость материалов				1 442 717,72
		Итого прямые затраты по смете				2 658 541,81
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 108% от ФОТ текущего 936795,61				1 011 739,26
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 55% от ФОТ текущего 936795,61				515 237,58
		Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью				4 185 518,65
		Налоги				
	ФЗ РФ от 07.07.03 № 117- ФЗ	НДС, 20%				837 103,73
		Итого				5 022 622,38
		ВСЕГО ПО СМЕТЕ				5 022 622,38

Так же хотелось бы отметить, что применение резервной сети для обеспечения работы оборудования, несмотря на кажущуюся надежность, сопряжено с рядом существенных рисков, которые требуют тщательного рассмотрения. Даже короткий перерыв в подаче электроэнергии, возникающий при переключении на альтернативный источник питания, может оказать негативное влияние на функционирование устройств. Эти незначительные сбои в электроснабжении нередко приводят к неожиданному отключению оборудования. В результате такого отключения, последующий запуск оборудования может оказаться невозможным без проведения дорогостоящего ремонта. В худшем случае, может потребоваться замена дорогостоящего оборудования. К тому же, перебои могут вызвать потерю данных или сбой в технологических процессах, что ведет к финансовым убыткам. Поэтому, прежде чем прибегнуть к резервной сети, следует тщательно оценить все риски и потенциальные затраты на восстановление работоспособности оборудования. К таким оборудованьям, например, относятся:

- печи и сушильные камеры, которые требуют длительного и контролируемого разогрева. Резкий перепад температуры после отключения питания может привести к повреждению футеровки или другим поломкам;
- оборудование с автоматизированными системами управления (АСУ ТП): Многие современные производственные линии и отдельные станки управляются сложными АСУ ТП, которые могут требовать перенастройки и повторной инициализации после длительного отключения питания. Программное обеспечение может быть повреждено, а параметры сбиты;
- оборудование с криогенными системами: системы, использующие сжиженные газы (азот или кислород) для охлаждения или заморозки, требуют постоянного электроснабжения для поддержания заданной температуры. Отключение питания может

привести к разморозке систем и потере дорогостоящих криогенных жидкостей;

- электролизеры: в производстве алюминия или хлора используются электролизеры, которые требуют постоянного тока высокой силы. Отключение питания может привести к затвердению электролита и повреждению оборудования;
- оборудование, требующее «горячего» запуска: некоторое оборудование, работающее при высоких температурах или давлениях, требует поддерживать определенные параметры даже в нерабочем состоянии. Полная остановка может привести к длительному и сложному процессу повторного запуска.

Основываясь на вышеизложенной информации, можно сделать вывод, что немногие предприятия готовы даже к малочасовому отключению инженерных коммуникаций, т.к. последствия подобных отключений редко ограничиваются лишь финансовыми потерями, обусловленными простоем производства и упущенной прибылью. Куда более серьезной угрозой является вероятность выхода из строя дорогостоящего оборудования, которое крайне чувствительно к скачкам напряжения или внезапному прекращению подачи электроэнергии. Следует учитывать сложность и длительность процесса восстановления производственных процессов после сбоев в работе инженерных систем. Запуск производственных линий, наладка оборудования, восстановление технологических цепочек – все это требует времени, усилий и квалифицированного персонала. Таким образом, обеспечение бесперебойной работы инженерных коммуникаций должно являться первостепенной задачей для любого современного предприятия.

Выводы по третьей главе:

Была описана технология устройства свайного фундамента под защиту кабельного тоннеля от нагрузок строящегося железнодорожного пути.

Указанная выше технология позволяет вести работы без вывода из эксплуатации кабельной сети.

В данной главе представлены требования по безопасному производству работ. Описана организация работ, контроль качества материалов, выполнения работ, мероприятия по снижению негативного воздействия на экологию в период строительства, а также прописаны действия ответственных лиц при аварийных ситуациях, согласно нормативно-технической документации.

Также глава посвящена анализу экономической эффективности применения метода обеспечения усиления инженерных коммуникаций без их вывода из эксплуатации. Был осуществлен сравнительный анализ величины убытков, возникающих при простоях предприятий и объектов инфраструктуры в результате отключения инженерных коммуникаций, и стоимости мероприятий по усилению коммуникаций без вывода их из эксплуатации.

Заключение

В ходе написания магистерской диссертации были решены поставленные задачи, проделана следующая работа:

- разработана защита подземных инженерных коммуникаций с использованием железобетонной конструкции, состоящей из свайного фундамента и железобетонной плиты;
- произведен расчет геометрических характеристик свайного фундамента, плиты, также подобран класс бетона, армирование;
- произведен расчет вышеуказанной конструкции на прочность согласно нормативно-технической документации;
- описана технология производства работ, которая позволяет вести работы без вывода сетей из эксплуатации;
- подобраны машины и механизмы необходимые для производства работ;
- произведен анализ экономической эффективности.

Таким образом, обеспечение бесперебойной эксплуатации действующих подземных коммуникаций при дорожном строительстве достигается путем использования свайного фундамента.

Исходя из вышеуказанного, можно сделать вывод, что при защите инженерных коммуникаций от транспортных нагрузок целесообразно применять свайный фундамент. В результате использования свайного фундамента, как элемента защиты подземных инженерных сетей, можно избежать демонтажных работ, работ по переустройству сетей, а также простоя производственных предприятий из-за отключения коммуникаций, что свидетельствует об экономической целесообразности применения данного метода. Так же данный вид защиты удобен тем, что позволяет защищать не только трубопроводы, но и сооружения, проходящие под землей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анпилов С.М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010 - 576 с.
2. Верстов, В.В. Технология устройства свайных фундаментов: учебное пособие / В.В. Верстов, А.Н. Гайдо; СПбГАСУ - СПб., 2010. - 180с.
3. ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные положения. – Введ. 01.01.1988г. - М: Минстрой России, 2009г. – 7 с.
4. ГОСТ 7566-2018 Металлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – введ. 01.02.2019г. – М.: Стандартиформ, 2019. – 26 с.
5. Далматов, Б.И. Механика грунтов и фундаменты / Б.И. Далматов. – М.: Стройиздат, 1981 – 319 с.
6. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 [Электронный ресурс]: СП 45.13330.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456074910> (дата обращения: 04.11.2024).
7. Знаменский В.В., Рузаев А.М. Влияние параметров свайного фундамента на работу низкого ростверка. Труды международной конференции по геотехнике «Геотехнические проблемы мегаполисов». Москва, 2010. Том 4. - 1250-1251 с.
8. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: АСВ, 2014 - 728 с.
9. Колесников А.О., Попов В.Н. Оценка влияния заглубления ростверка при колебаниях свайного фундамента // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2009. - № 2. - 55-61 с.
10. Колоушек В. Динамика строительных конструкций. - М.: Стройиздат, 1965. - 630 с.

11. Краснощеков Ю. В. О надежности свайных фундаментов / Ю. В. Краснощеков // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. - 2008. - № 1 (7). - 18-22 с.
12. Лапшин, Ф.К. Расчёт свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Саратов, : СГУ, 1979 – 152 с.
13. Луга А. А. Свайные работы : уч. пос. / А. А. Луга. - Москва : Трансжелдориздат, 1947. - 42-51 с.
14. Машушев Р. А. Современные свайные технологии : уч. пос. / Р. А. Машушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. - Москва : АСВ, 2010.- 239 с.
15. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05-03-84* [Электронный ресурс]: СП 35.13330.2011. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084849> (дата обращения: 17.03.2025).
16. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. [Электронный ресурс]: СП 70.13330.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510> (дата обращения: 04.10.2024).
17. Нуждин Л.В. Учет взаимодействия ростверка с грунтом при колебаниях свайных фундаментов // Механика грунтов и фундаментостроение: Тез. докл. нац. науч.-техн. конф. - СПб., 1995. - 505-510 с.
18. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др. Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. - М.: Стройиздат, 1985 - 183 с.
19. Правила устройства электроустановок. 7-е издание п.2.3.112-2.1.61 Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях. [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/punkt.php?n=2.3.112&k=2.1.61> (дата обращения: 05.04.2025).

20. Проектирование и устройство свайных фундаментов. [Электронный ресурс]: СП 50-102-2003 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032044> (дата обращения: 04.11.2024).
21. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Актуализированная редакция СНиП 3.09.01-85. [Электронный ресурс]: СП 130.13330. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554819205> (дата обращения: 04.01.2025).
22. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91* [Электронный ресурс]: СП37.13330.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095520> (дата обращения: 04.03.2025).
23. Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н. М. Герсевича Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1980. - 201 с.
24. Свинцов А.П., Николенко Ю.В., Тами Аль-Харами. Защита трубопроводов, переходящих под автомобильными дорогами. Вестник РУНД, серия Инженерные исследования, 2013, №3, с. 130-134.
25. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. – Введ. 25.11.2018г. – М: Минстрой России, 2018 – 126 с.
26. СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 15.01.2022г. – М: Минстрой России, 2021 – 121 с.
27. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. – Введ. 20.06.2019г. - М: Минстрой России, 2018 – 149 с.
28. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*[Электронный ресурс]: СП 131.13330.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 04.02.2025).

29. Теличенко В.И., Тер-Мартirosян З.Г. Взаимодействие свай большой длины с нелинейно-деформируемым массивом грунта // Вестник МГСУ. 2012. № 4. - 22-28 с.
30. Типовые правила охраны коммунальных тепловых сетей. – Введ. 17.08.1992г. - М: Минстрой России, 1992г. – 4 с.
31. ТР100-99 Технические рекомендации по устройству фундаментов из буронабивных свай в условиях существующей застройки. – Введ. 01.01.2000г. - М: Минстрой России, 2000г. – 22 с.
32. Shujuan Ye. Application of pilefoundation technology in construction engineering. China'sHigh-tech Enterprises 2015; (28): 51-53 p.
33. Yanyang Shen. Elementary discussion on application of pile foundation technology in civil engineering construction project. Jiangxi Building Materials 2017; 09: 101-104 p.
34. Mandolini A., Russo G., Viggiani C. Pile foundations: Experimental investigations, analysis and design. Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: Geotechnology in Harmony with the Global Environment. 2005. No. 1. Pp. 177.
35. Zhenyong Dong. Research on pile foundation technology in civilengineering construction engineering. Sichuan Cement 2016; (06): 278 p.
36. Zhang Hesheng, Song Mingyao. Research and development the instrument of ultrasound distance measurement in vehicle. Instrumentation & Sensors, 2003(2), 26-28.
37. Zhao C.F., Wang W.Z., Qiu Z.X. Field test study on bearing capacity of single pile under combined loads // China Journal of Highway and Transport. 2013. № 26(6). Pp. 59-64.