Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
институт

Шахтное и подземное строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ С.А. Вохмин
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2016 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

130406.65 «Шахтное и подземное строительство»
код и наименование специальности

Строительство демонтажной камеры ТПК «Lovat RME-242» на участке от станции «Высотная» до станции «Пр. Мира» со специальной частью «Анализ практики применения ТПК «Lovat».
тема

Пояснительная записка

Руководитель _____ Е.В. Зайцева
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ В. Ю. Гринько
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2016 г.

Продолжение титульного листа ДП по теме:

Строительство демонтажной камеры ТПК «Lovat RME-242» на участке от станции «Высотная» до станции «Пр. Мира» со специальной частью «Анализ практики применения ТПК «Lovat».

Консультанты по разделам:

Геологическая часть	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Горная часть	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Вентиляция	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Энергоснабжение	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Подземный транспорт	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Безопасность жизнедеятельности	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Экономическая часть	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролёр	_____	Е.В. Зайцева
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
институт

Шахтное и подземное строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ С.А. Вохмин
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме

дипломного проекта

Студенту **Гринько Валерий Юрьевич**
фамилия, имя, отчество

Группа ЗГГ-10-10

Направление (специальность) 130406.65 "Шахтное и подземное строительство"

Тема выпускной квалификационной работы Строительство демонтажной камеры ТПК «Lovat RME-242» на участке от станции «Высотная» до станции «Пр. Мира» со специальной частью «Анализ практики применения ТПК «Lovat».

Утверждена приказом по университету № 5281/с от «19» апреля 2016 г.

Руководитель ВКР Е.В. Зайцева, старший преподаватель, ИГДГ СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: литературные источники, данные преддипломной практики и результаты собственных изысканий.

Перечень разделов ВКР:

Геологическая часть
Горная часть;
Специальная часть;
Вентиляция;
Электроснабжение;
Подземный транспорт;
Безопасность жизнедеятельности;
Экономическая часть.

Перечень графического материала:

Геологическая карта участка строительства;
План демонтажной камеры;
Химическое закрепление грунтов;
Схема разработки и крепления прорезного кольца;
Разработка камеры на полное сечение;
Схема бетонирования;
Экономическая часть.

Руководитель ВКР _____ Е.В. Зайцева
подпись, дата инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ В.Ю. Гринько
подпись, дата инициалы, фамилия

« ___ » _____ 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 7

1 Геологическая часть 8
1.1 Общие сведения 8
1.2 Геологическое строение 9
1.3. Геоморфология 11
1.4 Современные экзогенные процессы 11
1.5 Типы грунтов и их физико – механические свойства 13

2 Горная часть 18
2.1 Общие сведения о строительстве перегонных тоннелей в г. Красноярске 18
2.2 Обоснование габаритных размеров камеры 21
2.3. Химическое закрепление грунтов 22
2.4 Технологическая схема сооружения демонтажной камеры 35
2.4.1 Способ опертого свода 36
2.4.2 Способ полностью раскрытого сечения. 38
2.4.2 Способ опорного свода 42
2.5 Выбор и расчет крепи 44
2.6 Схема армирования обделки 52
2.7 Схема бетонирования и установки элементов крепи. 56
2.8 Специальная часть дипломного проекта 58
Анализ практики применения ТПК «Lovat» 58
2.8.1 Краткая характеристика проходческих щитов 58
2.8.2 Тампонаж заобделочного пространства 63
2.8.3 Особенности обеспечения безопасности рабочего персонала и охраны окружающей среды 72
2.8.4 Выбор типа тоннельной щитовой машины 73

3 Вентиляция 79
3.1 Выбор способа и схемы подачи воздуха в забой 79
3.2 Расчёт параметров процесса проветривания и выбор вентилятора 82
3.3 Выбор вентилятора 83

4 Энергоснабжение 84
4.1 Расчёт освещения демонтажной камеры 85

5 Подземный транспорт 88

6 Безопасность жизнедеятельности 93
6.1 Общие сведения о ТПК 93
6.2 Сварочные работы 95
6.3 Высотные работы 99
6.4 Крановые работы 110

7 Экономическая часть 121
7.1 Теоретические основы определения сметной стоимости СМР 121
7.2 Расчет стоимости строительства 124

РЕФЕРАТ

В данном дипломном проекте представлены расчёты по строительству демонтажной камеры ТПК «Lovat RME-242» на участке от станции «Высотная» до станции «Пр. Мира». Так же представлен анализ практики применения ТПК «Lovat».

Во введении представлена краткая история строительства красноярского метрополитена. Так же обосновывается актуальность исследования, ставится цель и задачи дипломного проекта.

Первая глава посвящена геологическому строению участка строительства горно-геологическим условиям.

Во второй главе обоснована технология строительства демонтажной камеры, рассмотрен способ химического закрепления грунтов, обоснование габаритных размеров камеры, выбор и расчет крепи, схемы раскрытия сечения, схемы бетонирования.

В третьей главе проводится расчёт вентиляции при строительсве демонтажной камеры.

В четвертой главе показан расчёт и выбор светильников, для освещения выработки и выбрана передвижная подземная станция.

В пятой главе рассчитан и представлен транспорт, эксплуатируемый при строительстве.

В шестой главе представлена теоритическая часть по безопасности жизнедеятельности.

В седьмой главе рассчитана сметная стоимость строительства демонтажной камеры, заработная плата, затраты на материалы и накладные расходы и сметная прибыль.

В заключении представлены общие выводы по итогам исследования.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки объёмом 108 страница текста, таблиц, 17 литературных источников и графической части на 7 листах формата А1.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость метрополитена в динамично развивающемся Красноярске была осознана ещё в 60-е годы XX века. В генеральный план города линии метро на перспективу были внесены уже в начале 70-х годов.

В 1984 году московский институт Гипрокоммунтранс разработал комплексную транспортную схему города, и институту Харьковметропроект было дано задание сделать технико-экономическое обоснование красноярского метрополитена. Инженерно-технические изыскания провёл красноярский трест «КрасТИСИЗ». В 1989 г. все работы были свёрнуты (как и в других городах со спроектированным, но не начатым строительством метро).

Работы по проектированию были возобновлены в постсоветской России в 1993 году; в 1994 году технический проект первой очереди первой линии прошёл государственную экспертизу и был утверждён постановлением Госстроя РФ.

Первая очередь первой линии метрополитена предусматривала ввод в эксплуатацию пяти станций – «Высотной», «Вокзальной», «Копыловской» (ныне «Улица Копылова»), «Площади Революции», «Проспекта Мира», наклонных ходов на трёх последних, перегонных тоннелей между ними; технического корпуса, а также электродепо. Строительная длина первой очереди – 8,5 км; среднее расстояние между станциями – 1,85 км. Планируемый объём перевозок – 55 млн пассажиров в год, или 169 тыс. пассажиров в сутки.

Из первой очереди был выделен 5,5-километровый первый пусковой участок в составе трёх первых станций в центре.

В процессе строительства возникла необходимость демонтажа ТПК Lovat для проходки параллельного перегонного тоннеля. Целью данного дипломного проекта является обоснование технологии строительства демонтажной камеры ТПК Lovat.

.

1 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Общие сведения

Рельеф с преобладающими абсолютными высотами плоских водораздельных поверхностей 250-350 м. Это предгорная холмисто-увалистая относительно приподнятая равнина. Равнина имеет общее повышение на запад. Наибольшие высоты (до 400 м) характерны для поверхностей, служащих разделом речных систем Енисея и Оби.

Климат г. Красноярска относится к 1В климатическому району строительства (СНиП 23-01-99). Климат района резко континентальный с большой годовой и суточной амплитудами колебаний температуры воздуха. Район относится к зоне достаточного увлажнения. Среднегодовое значение осадков по метеостанции Красноярск – Северный – 454мм. Большая часть выпадает в теплое время года (4-9 месяцы) – 78%.

Для Красноярска характерна однородность режима ветра в течение всего года. Преобладающее направление ветров – западное. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в апреле, мае, октябре и ноябре. Минимум скорости ветра приходится на лето (июль-август). Нормативное значение ветрового давления – 0,38кПа (180 кгс/м2), II ветровой район. Среднегодовая температура воздуха +0,5^{o}С, средняя температура наиболее холодного периода -22,0^{o}С, средняя максимальная температура воздуха наиболее тёплого месяца +24,3^{o}С.

Особенно сильные колебания температуры испытывает почва. Проникновение нулевой температуры в почву под оголённой поверхностью может достигать глубины 2,0-3,0 м и более в зависимости от вида грунта.

Нормативная глубина промерзания суглинков – 1,52 м, супесей – 1,85 м, крупнообломочных грунтов – 2,25 м. Суглинистые грунты, залегающие в зоне промерзания, подвержены морозному пучению.

Растительный мир лесостепной части преобладает сосна, осина, акация, ольха, ива, рябина, черемуха. Кое-где сохранились сосновые боры. Северная часть почти безлесна, исключая отдельные участки вдоль рек, где растут преимущественно ива, черемуха и кустарниковые формы.

Животный мир развит главным образом в зоне заповедника. Здесь водится медведь, лось, барсук, белка, горностай и др. В степной части изобилуют суслики. Из птиц встречаются: орел, ястреб, глухарь, рябчик, кукушка, сыч.

Территория плотно застроена, пересечена инженерными коммуникациями. Проходят действующие железнодорожные пути завода, автомобильные дороги и проезды, имеющие твердое асфальтобетонное покрытие. По периметру территория огорожена сплошным бетонным забором. Предприятие оборудовано системами охраны.

1.2 Геологическое строение

В геологическом строении район Красноярска представлен осадочными породами девонской, каменно-угольной и четвертичной систем.

Коренные породы перекрываются покровными отложениями четвертичного возраста. В процессе изысканий подробно изучены средне-девонские и четвертичные отложения, к которым приурочены все сооружения метрополитена первой очереди.

Девонская система, Нижний ярус, Эйфельский отдел, Карымовская свита, Нижнекарымовская подсвита(D1kr1) мощность 300 м. - Конгломераты, неравномернозернистые песчаники, туфоконгломераты.

Среднекарымовская подсвита(D1kr2) мощность 350-450 м. – Песчаники разнозернистые, прослои и линзы конгломератов, эффузивов.

Верхнекарымовская подсвита (D2kr3) мощность 600-700 м. – Песчаники разнозернистые, алевролиты с растительными остатками.

Павловская свита

Нижнепавловская подсвита(D2pv1) мощность менее 350 м. – Песчаники,

алевролиты, гравелиты, мергели, реже конгломераты, линзы аргелитов.

Среднепавловская подсвита(D2pv2) мощность 120 м. – Мергели, известняки, линзы и прослои алевролитов, песчаников, гравелитов, конгломератов.

Верхнепавловская подсвита(D2pv3) мощность 120 м. – Мергели пятнистые, красноцветные с прослоями песчаников и гравелитов с редкой галькой.

Девонская система

Девонские отложения имеют широкое распространение по трассе. Породы весьма разнообразны по литологическому составу и изменяются как в горизонтальном так и вертикальном направлениях. Для строительства метрополитена практическое значение имеют полускальные породы нижнепавловской подсвиты среднего девона. Породы павловской свиты залегают моноклинально под углом около 50-150.Падение слоев северо-восточное, простирание северо-западное 1200.Распространены на значительной части исследуемой территории.

Для свиты характерно широкое развитие пестроцветных песчаников, алевритов, мергелей и известняков. Нижнепавловская подсвита по трассе прослеживается на всем ее протяжении. Сложена песчаниками, конгломератами, алевролитами, мергелями и прослоями известняков. Преобладают полимиктовые песчаники 35%, алевролиты составляют 25%, мергели 20%, конгломераты 15%, известняки 5%.

Песчаники от мелкозернистых до крупнозернистых, слабосцементированные, цемент карбонатный, карбонатно-глинистый, глинистый. Мергели и алевролиты отличаются по содержанию карбонатов: в алевролитах-25-50%,в мергелях 25-75%.

Породы преимущественно красноцветные с прослоями голубовато-серых и серых разностей, текстура массивная, слоистая, пятнистая, преобладает косослоистая, структура мелкозернистая, полиморфная. Известняки содержат до 90 % карбонатов, в основном серые, реже розовато-красные, мелкозернистые, массивной текстуры, по трассе встречаються редко.

1.3. Геоморфология

Красноярск расположен в северной предгорной части юго-восточной оконечности Сибирской платформы и долине р. Енисей, представляющей собою ступенчатую эрозионно-аккумулятивную равнину сложного строения. Отметки поверхности колеблются от 152.30 до 212.65 метров при общей протяженности трассы 8,3 км.

Перегон от станции “Высотная” до станции “Копылова” располагается на водораздельном плато Ачинско-Енисейской и Рыбинской впадин. Отметки поверхности изменяются от 190 до 209 м.

1.4 Современные экзогенные процессы

Положение Красноярска в области сопряжения различных тектонических структур обусловлено развитие большого комплекса геологических и инженерно-геологических процессов, среди которых ведущее место занимают экзогенные процессы (эрозионные, суффозионные, гравитационные и т.д.)

Эрозионные процессы развиваются в пределах города в значительных масштабах. Основная причина их возникновения - это деятельность человека (нарушение почвенного слоя, неупорядоченный сбор промышленно-хозяйственных вод, искусственная концентрация поверхностного стока и т.д.). По интенсивности развития овражной сети в различных по литологическому составу и возрасту пород выделяют овраги в: девонских известняках; юрских рыхлых отложениях; песчано-галечниковых четвертичных отложениях; лессовидных четвертичных отложениях.

Овраги в девонских известняках развиваются на крутых, хорошо обнаженных склонах Енисея. Вследствие высокой прочности коренных пород и значительной сопротивляемости размыву, овраги в этих отложениях, как правило, не выходят из стадии промоин.

Овраги в юрских рыхлых песчаниках развиваются на обоих берегах Енисея. Они обычно большой протяженностью, до 1,5 км. Глубина их у устья достигает 80м. Эти овраги имеют V-образную форм, с крутыми, часто

задернованными склонами. Большинство из них находится на стадии активного развития.

Овраги в лессовых породах имеют самое высокое распространение из всех перечисленных и развиты преимущественно на левобережье. Слабая сопротивляемость лессовых пород размыву приводит к особенно интенсивному развитию оврагов этого типа. Такие овраги представляют собой большую угрозу для городских построек и требуют эффективных мер борьбы.

Суффозионно-эрозионные процессы развиты наиболее широко на левобережье в отложениях V, VI и VII террасах Енисея, сложенных лессовидными породами мощностью до 20 м. Процессы проявляются в виде воронок, каналов, дудок диаметром до 5 метров. Проявляются в результате двух процессов-механической суффозии и подземной эрозии. Суффозионно-эрозионные формы рельефа образуются при попадании сточных и хозяйственных вод в лессовые породы, чему в значительной степени способствует хозяйственная деятельность человека (снятие почвенно-растительного слоя при застройке сооружений, котлованов, траншей, концентрации стока и т.д.).

Гравитационные процессы развиваются по обоим берегам реки Енисей и обуславливают значительную расчлененность рельефа. Оползни развиваются в естественных условиях и при воздействии человека. Оползни в естественных условиях развиваются в основном на левобережье и приурочены к уступам высоких террас, подверженных интенсивному подмыву рекой. Они блокового типа, ступенчатые. Оползневым деформациям подвержены выветрелые коренные породы (песчаники, аргиллиты) и рыхлые четвертичные песчано-глинистые отложения. Кроме того, оползневым деформациям подвержены борта крупных оврагов, где развиваются мелкие оползни-оплывины и оползни-обвалы.

Основными факторами, способствующими возникновению оползней в результате деятельности человека являются: подрезка подошвы склонов, беспорядочный сброс промышленных и сточных вод, сооружение искусственных насыпей у бортов оврагов и балок и т.д. Такие оползни могут

быть различных типов и размеров, в зависимости от геологический условий и факторов образования, и представляют наибольшую опасность при строительстве и эксплуатации народно-хозяйственных объектов.

Обвально-осыпные явления развиты на обоих берегах Енисея, на уступах террас, по бортам и уступам крупных оврагов, на крутых склонах долины р. Енисей.

На левобережье обвалы и осыпи развиваются при подрезке подошвы склонов и нарушении угла естественного откоса в рыхлых песчано-глинистых отложениях надпойменных террас. На правобережье им подвержены крупные склоны, представленные скальными и полускальными породами, в которых развиты процессы выветривания.

1.4.1Свойства грунтов

Грунты имеют собственные показатели физических и водных свойств, такие как: влажность, объемный вес, удельный вес, сцепление, пористость и коэффициент пористости, степень влажности, объемный вес песков в максимально рыхлом и максимально плотном сложениях, пластичность, консистенция, структурная прочность и чувствительность, зерновой (гранулометрический) состав, размокание, водоудерживающая способность, коэффициент фильтрации.

1.5 Типы грунтов и их физико – механические свойства

Грунт (нем. Grund – грунт, земля, основа) – обобщённое наименование поверхностных горных пород в строительном, дорожном деле. Объект инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты используют в качестве оснований зданий и различных инженерных сооружений, материала для сооружений (дорог, насыпей, плотин), среды для размещения подземных сооружений (тоннелей, трубопроводов, хранилищ) и др.

Аргиллит (от греч. árgillos – глина и líthos - камень) – твёрдая, камнеподобная глинистая порода, образовавшаяся в результате уплотнения,

дегидратации и цементации глин при диагенезе и эпигенезе. По минералогическому и химическому составу аргиллиты очень сходны с глинами, но отличаются от них большей твёрдостью и неспособностью размокать в воде. Сложены в основном глинистыми минералами гидрослюдистого монтмориллонитового и хлоритового типов с примесью частиц кварца, слюды, полевых шпатов. Подобно глинам, аргиллит образуют либо массивные пласты, либо микрослоистые (плитчатые) разновидности. Аргиллиты - типичные осадочные породы, характерные для геосинклинальных складчатых областей, а также глубоко погруженных осадочных толщ платформ.

Алевролит (от греч. άλευρον – мука и λίθος – камень) – твёрдая осадочная горная порода. Образуется из алеврита в процессе литификации. Состоит из зёрен неправильной формы, размером 0,01–0,1 мм (по другим данным - 0,005–0,05 мм). Имеются три разновидности алевролитов по форме слагающих частиц: крупнозернистые, разнозернистые и мелкозернистые. Основой алевролита является кварц, могут присутствовать также частицы полевых шпатов, глинистых минералов, иногда присутствуют карбонаты и гидроксиды железа.

Песчаник – обломочная осадочная горная порода, представляющая собой однородный или слоистый агрегат обломочных зёрен размером от 0,1 мм до 2 мм (песчинок) связанных каким-либо минеральным веществом (цементом).

Песчаники образуются в результате разрушения горных пород, переноса обломков водой или ветром и отложения с последующей цементацией. Степень окатанности обломков и степень отсортированности по величине зёрен указывают на протяженность переноса обломков от места первоначального образования. В подавляющем большинстве разновидностей песчаников преобладает кварц, как наиболее устойчивый физически и химически минерал.

Суглинки – рыхлые молодые континентальные отложения, состоящие из частиц менее 0,01 мм, содержащиеся примерно в количестве 30–50 %, и обломочного материала крупнее 0,01 мм, составляющего соответственно 70–60 %. В суглинках обычно присутствует около 10–30 % глинистых частиц

диаметром менее 0,005 мм, которые и обусловливают основные их физико-технические показатели. За характерный признак суглинков обычно принимается изменение числа пластичности в пределах от 7 до 17.

Супесь – рыхлая горная порода, состоящая, главным образом, из песчаных и пылеватых частиц с добавлением около 3–10 % алевритовых, пелитовых или глинистых частиц. Число пластичности для супеси составляет от 0,01 до 0,07. Супесь менее пластична, чем суглинок. Жгут, скатанный из суглинка, не рассыпается, в отличие от жгута из супеси. Более глинистые супеси называются тяжёлыми, менее глинистые – лёгкими. В зависимости от содержания песчаных зёрен соответствующих размерностей и пылеватых частиц различают грубопесчаные, мелкопесчаные и пылеватые супеси. В супесях присутствуют глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит).

Песок – осадочная горная порода, а также искусственный материал, состоящий из зёрен горных пород. Очень часто состоит из почти чистого минерала кварца (вещество – диоксид кремния). Рыхлая смесь зёрен крупностью 0,16–5 мм, образовавшаяся в результате разрушения твёрдых горных пород.

Гравий – рыхлая крупнообломочная (псефитовая) осадочная горная порода, сложенная окатанными обломками пород (иногда содержит обломки минералов размером 1-10 мм), образовавшихся в результате естественного разрушения (выветривания) твёрдых горных пород.

Все грунты, используемые в качестве основания для зданий и сооружений, делятся на следующие типы: песчаные грунты, скальные грунты, суглинки и супеси, глинистые грунты, грунты с органическими примесями, крупноблочные грунты, лёсс, насыпные грунты, плывуны.

Иногда специалисты пользуются укрупненным понятием для классификации грунтов и делят грунты, например, на сцементированные (или скальные) и несцементированные.

Сцементированные или скальные грунты состоят из каменных горных пород, с трудом поддающихся разработке взрыванием или дроблением клиньями, отбойными молотками и т. п.

Несцементированные грунты обычно состоит из песчаных, пылеватых и глинистых частиц, в зависимости от содержания которых, делятся на: песок, супесь (супесок), суглинок, глина.

Глина бывает тощей или жирной, в зависимости от трудоемкости разработки - легкой или тяжелой. Особо тяжелая для разработки глина называется ломовой.

Таблица 1.1 – Нормативные и расчетные показатели физико – механических свойств грунтов

Показатели	II зона				III зона			
	Песчаники	Мергели	Алевролиты	Гравелиты	Песчаники	Мергели	Алевролиты	Гравелиты
Плотность грунта ρ, г/см3	2,22	2,21	2,11	2,30	2,25	2,23	2,17	2,30
Плотность сухого грунта ρd, г/см3	2,07	2,04	1,88	2,16	2,12	2,08	1,94	2,16
Природная влажность W, %	7	8	12	6	6	7	12	6
Коэффициент пористости, е	0,260	0,280	0,380	0,200	0,230	0,250	0,330	0,170
Коэффициент фильтрации К, м/сут	0,03	0.03	0,03	0,03	0.018	0.018	0.018	0.018
Кажущийся угол внутреннего трения φ, град.	56	51	50	58	56	44	34	58
Модуль упругости Е, МПа	0,16	0,04	0,08	0,02	0,24	0,11	0,19	0,33
Коэффициент поперечной деформации	0,17	0,24	0,15	0,20	0,16	0,24	0,19	0,20
Коэффициент удельного упругого отпора $K_{уд.отп.}$ Н/см³	21	20	21	21	21	21	21	26
Коэффициент крепости пород по Протодьяконову в массиве, *f*	0,52	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,64
Предел прочности пород при одноосном сжатии в сухом состоянии R_c, МПа	0,48	0,54	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60
Предел прочности пород при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии $R_в$, МПа	0,23	0,28	0,30	–	0,25	0,23	0,30	–
Удельное электрическое сопротивление ρ, Ом·м	26–48	10–20	10–20	20–50	48	24	28	32
Категория крепости пород, СНиП IV–2–82 сб.29, т. 29–1	III	III	III	III	IV*	IV*	IV*	IV*
Группа пород по буримости вращательным способом СНиП IV–2–82 сб.4, т. 4–5	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
Группа пород по устойчивости, СНиП IV–2–82, сб 4, т.4–6	I	I	I	I	I	I	I	II

Эти свойства вычисляются в специальных лабораториях, по заключению которых определяются качество грунтов и технологии дальнейшего строительства.

Такой показатель, как анизотропия механических свойств грунта, исследуется в основном, когда речь идет о крупных, серьезных объектах.

Для целей строительства, обычно рассматривают физико-механические свойства грунтов. По данным буровых и лабораторных работ, в инженерно-геологическом строении строительной площадки выделяют инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

1. ИГЭ-1 – насыпные грунты;

2. ИГЭ-2 – аллювиальные пески среднекрупные, среднеплотные;
3. ИГЭ-3 – аллювиальные пески мелкие, среднеплотные;
4. ИГЭ-4 – мореные суглинки тугопластичные;
5. ИГЭ-5 – флювиогляциальные пески мелкие, плотные.

Взаиморасположение инженерно-геологических элементов обычно показывается на инженерно-геологических разрезах. Однако в некоторых случаях создают дополнительные документы.

Физико-механические свойства грунтов –характеристики деформируемости и прочности, отражающие механические процессы, происходящие в грунтах вследствие силовых воздействий (внешних и внутренних, естественных и антропогенных).

2 ГОРНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Общие сведения о строительстве перегонных тоннелей в г. Красноярске

В расположенном по обеим сторонам Енисея и вытянутом вдоль его берегов почти на 40 км Красноярске очень тяжёлые для строительства метрополитена грунты – сильно трещиноватые, значительно обводнённые и проседающие. Они требуют как тщательного крепления забоев, так и специальных методов проходки, а, следовательно, дорогостоящего оборудования. Большинство запроектированных станций красноярского метро – глубокого заложения.

В 1993 году главным инициатором строительства метрополитена выступил губернатор Красноярского края В. М. Зубов. Подготовительные и горно-капитальные работы начались в 1994 году. Непосредственное строительство – был вынут первый ковш земли – началось 17 октября 1995 года.

На стволе № 5 (станция «площадь Революции») работы начались 30 января 1996 года. К 2003 году ствол был пройден до проектной глубины – 71,2 метра, на поверхности был сооружён весь комплекс временных зданий и сооружений, необходимых для проходки околоствольных выработок и перегонных тоннелей. На участке ствола выполнены горнопроходческие работы по сооружению насосной камеры и обходной штольни.

Работы на станции «Вокзальная» (ствол № 3) начались 19 августа 1996 года. Однако из-за недостаточного финансирования к августу 2003 года был выполнен не весь запланированный объём работ: шахтный ствол был пройден до проектной отметки 69,4 м, велось сооружение дозаторной камеры и подземного бункера накопителя. Горнопроходческий комбайн к тому времени уже находился под землёй.

В 1998 году финансирование пошло на убыль, из городского бюджета средства не выделялись. В 1999 году ситуация стала настолько критической, что генеральный директор «Красноярскметростроя» (подразделение ОАО «Бамтоннельстрой») пригрозил отключить откачивающие воду насосы.

После проведения подготовительных работ и сооружения подходных выработок, 26 декабря 2001 года отечественным проходческим щитом КПЩ-12 от шахтного ствола № 2 (на ул. Ладо Кецховели) на глубине 60 метров началась проходка непосредственно левого перегонного тоннеля в сторону будущей станции «ул. Копылова». Согласно проекту ветка метрополитена протяжённостью в 5,14 км должна была пройти от ул. Высотной до Железнодорожного вокзала

В июле 2003 года в Красноярске введён в эксплуатацию завод, оснащённый автоматической карусельной линией по производству высокоточных железобетонных блоков для обделки тоннелей. Оборудование было поставлено французской фирмой. Завод выпускает до 11 блоков за смену.

К этому времени проходческий комплекс КПЩ-12 прошёл 242 метра левого перегонного тоннеля. После установки приставки механизированной разработки забоя скорость проходки тоннеля значительно возросла.

Пятого сентября 2003 года на строительной площадке станции «Высотная» был запущен в эксплуатацию (после консервации работ на площадке в 1997–2001 гг.) доставленный из Сингапура в 2002 году тоннелепроходческий комплекс LOVAT. Под LOVAT была сооружена монтажная камера длиной 120, шириной 24 и глубиной 12 метров. На начало июля 2004 года LOVAT прошла 420 метров грунта.

К маю 2008 года на красноярском метрополитене пройдено уже более 3,5 тыс. метров горных выработок, из них готовых тоннелей – около трёх километров.

Помимо проходки тоннелей, продолжалось строительство станции «Высотная» (открытым способом) – сооружение котлована, объектов платформенного участка, вестибюлей, других элементов станции; продолжаются строительные работы на станции «Вокзальная» (глубокого заложения); обслуживающие работы на горных выработках станции «Площадь

Революции» – освещение, проветривание, водоотлив, а также надзор и контроль; работы по проектированию локомотивного депо и станций, входящих в пусковой комплекс.

Средняя глубина заложения красноярского метрополитена – 60 метров; рабочие стволы достигают отметки более 83 метров. Работы ведутся в сложных геологических условиях с применением технологии химического закрепления грунтов. Для проходки тоннелей применяются тоннелепроходческий комплекс «Lovat» канадского производства, именуемый «Ольга» и отечественный щитовой комплекс КПЩ-12 (левый перегонный тоннель). Среди вспомогательного оборудования имеются германский дизелевоз «Shoma», вагоны ВСК-6,2 и растворовозы на базе бетононасосов «Skru-krit» (Япония). Обделка тоннелей производится высокоточными железобетонными блоками.

Так как правый перегонный тоннель не отличается геологическими условиями от левого, то ТПК "Lovat" необходимо демонтировать под землей, для дальнейшего монтажа в пусковой камере на станции "Высотная" для проходки правого перегонного тоннеля. Для того чтобы разобрать ТПК необходимо запроектировать демонтажную камеру. Схема расположения демонтажной камеры представлена на рисунке 2.1

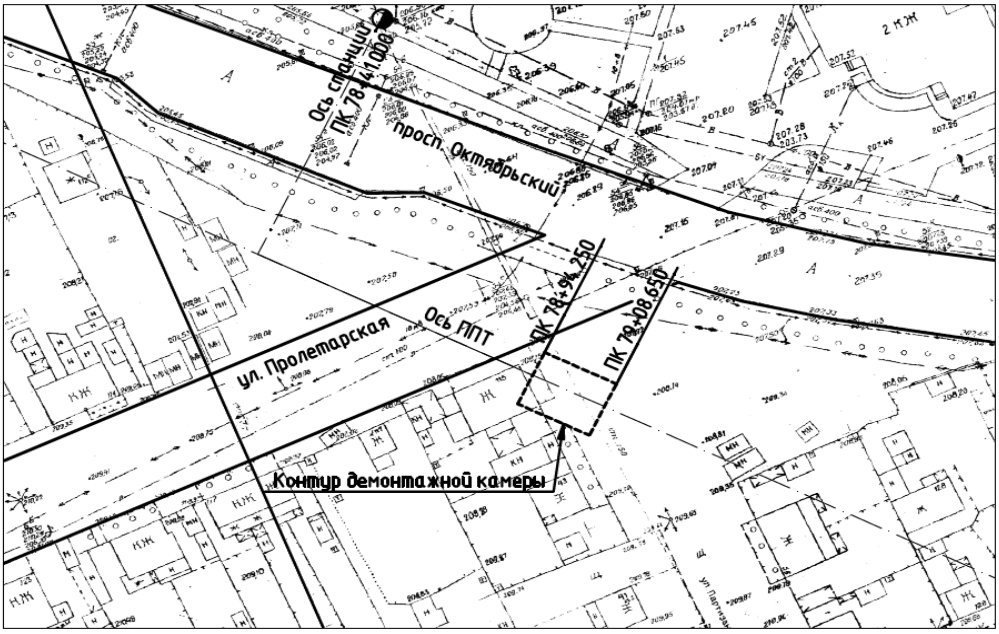


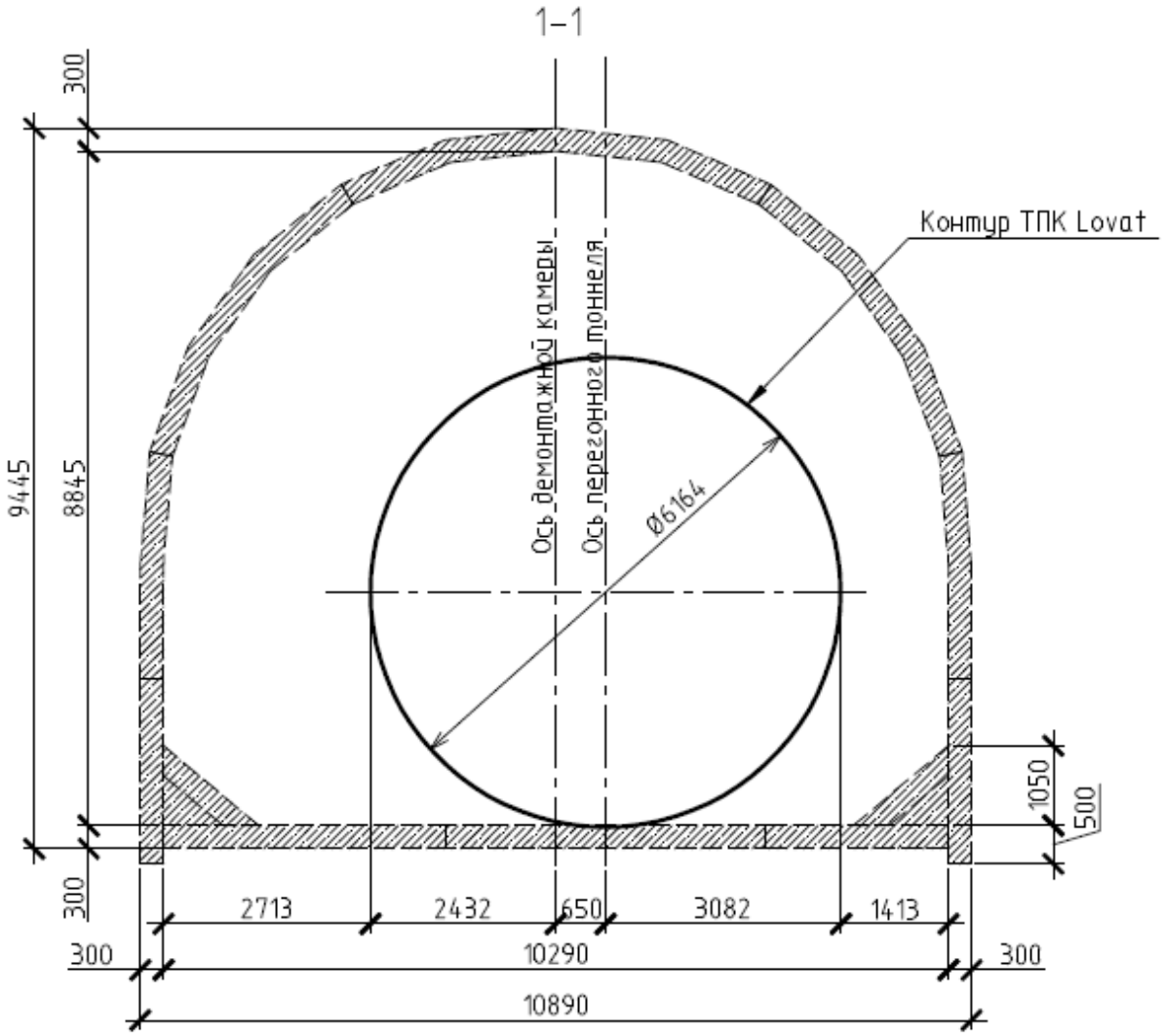
Рисунок 2.1 – Схема расположения демонтажной камеры

2.2 Обоснование габаритных размеров камеры

Щитовая часть ТПК “Lovat” в диаметре равна 6 метров, а в длину вместе с юбкой ТПК достигает 10 метров. Отдельные сегменты машины имеют большой вес. Для демонтажа потребуется подъёмный механизм – таль электрическая канатная грузоподъемностью 10 тонн.

Габариты камеры демонтажа обусловлены рабочими положениями и техническими проемами для ведения работ [18]. Глубина заложения камеры 30 метров от земной поверхности.

Окончательно в дипломном проекте приняты параметры демонтажной камеры: длина камеры – 14 метров, ширина – 11 метров, высота – 10 метров. Площадь камеры составляет 90м^2.



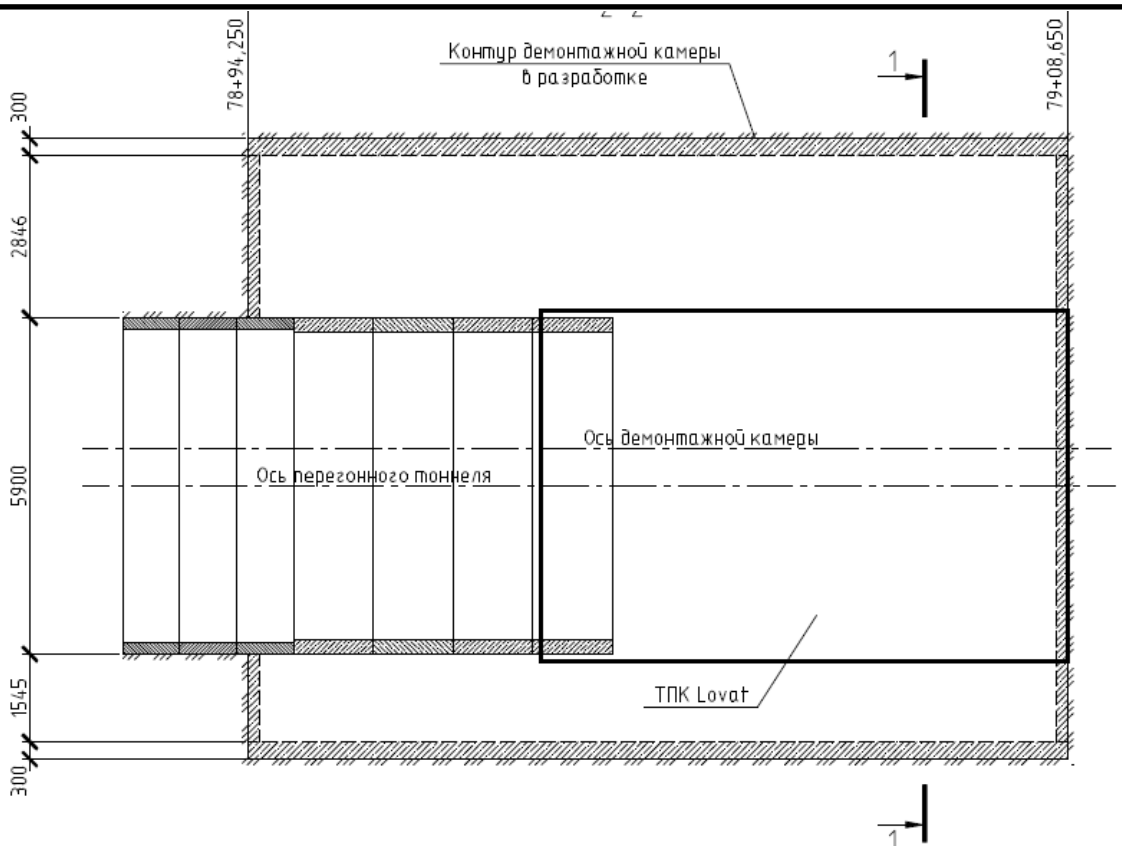


Рисунок 2.2 – Габаритные размеры демонтажной камеры
а) проектное сечение демонтажной камеры ТПК
б) план демонтажной камеры

2.3. Химическое закрепление грунтов

Как указывалось выше, на участке сооружения как самих перегонных тоннелей, так и демонтажной камеры очень тяжёлые для строительства грунты – сильно трещиноватые, значительно обводнённые и проседающие. Геологический разрез до глубины от 5 до 23м представлен суглинками от тугопластичной до мягкоплостичной и текучепластичной консистенции, песками, гравелистыми и гравийными грунтами.

На протяжении трассы от станции "Высотная" до станции "Копылова" вскрывается рухлековая зона мощностью от 5 до 18 м. Породы этой зоны выветрены до рухлякового грунта в очень слабосцементированы карбонато-глинистым цементом. Руками грунты разрушаются до суглинков и песков. Породы этой зоны разбиты на рухляковые блоки. Плотность грунтов изменяется от 2 до 2,36 г/см в зависимости от литологического состава, пористость 20-35%. Породы в забое весьма не устойчивые, размокание грунтов очень быстрое. Это предопределило необходимость использования специального метода проходки– химического закрепления грунтов.

Приготовление и нагнетание инъекционных растворов за обделку тоннеля предусматривается с целью:

- повышения несущей способности грунтов вокруг демонтажной камеры;
- ликвидации остаточных водопритоков в демонтажную камеру, для снижения и прекращения опасных суффозионных процессов выноса грунта и уменьшения замичевания бетонной обделки, заполнения пустот за обделкой.

2.3.1 Общие сведения

Как способ производства строительных работ химическое закрепление грунтов в широком смысле слова представляет собой искусственное целенаправленное преобразование строительных свойств естественных грунтов их химической обработкой различными реагентами, основанной на реакциях взаимодействия реагентов между собой или с участием химически активной части грунтов. Такое закрепление грунтов обеспечивает необратимость и долговечность приобретенных ими свойств.

В зависимости от технологии химической обработки грунтов химическое закрепление имеет два направления:

- инъекционное химическое закрепление, когда реагенты в виде растворов или газов вводятся в грунты в условиях их естественного залегания и без нарушения их структуры, нагнетанием под давление;
- буросмесительное закрепление грунтов, когда оно осуществляется с нарушением их естественной структуры механическим перемешиванием грунтов с цементами или другими реагентами и добавками, с применением специальных механизмов.

Инъекционное закрепление распространяется на грунты, обладающие определенной водопроницаемостью, включая песчаные, крупнообломочные, трещиноватые скальные и полускальные грунты, а также просадочные лессовые грунты.

Буросмесительное закрепление распространяется в принципе на все нескальные грунты, включая глинистые, независимо от их водопроницаемости.

Инъекционное химзакрепление давно и прочно вошло в практику

строительства. Буросмесительное закрепление находится в стадии становления, но уже сейчас способно успешно решать некоторые важные практические задачи.

Оба направления вместе дополняют друг друга и обеспечивают возможность закрепления всех без исключения грунтов в естественном залегании, что в значительной мере способствует разрешению проблемы строительства на слабых грунтах в сложных инженерно-геологических условиях.

Не подлежат инъекционному химзакреплению грунты, пропитанные нефтепродуктами, и водонасыщенные грунты при скоростях грунтовых вод св. 5 м/сут. Возможность химического закрепления засоленных грунтов устанавливается специальными исследованиями [3].

Инъекционное химзакрепление необратимо повышает механическую прочность и устойчивость, уменьшает сжимаемость и водопроницаемость грунто, а также устраняет просадочность при замачивании лессов и лессовидных грунтов, что обеспечивает широкие возможности его применения для решения многих практических задач в строительстве.

В промышленном и гражданском строительстве инъекционное химзакрепление грунтов применяется для:

- усиления и устройства оснований, фундаментов вновь строящихся зданий и сооружений;
- усиления оснований и фундаментов существующих зданий и сооружений;
- устройства защитных стен и других подземных конструкций из закрепленных грунтов в качестве мероприятий против подвижек грунтов при их подработке горными выработками;
- устройства подпорных стенок и укрепления откосов при вскрытии строительных котлованов и других открытых выработок;
- повышения несущей способности свай и других опор;
- в качестве временного мероприятия при проходке в слабых грунтах различных подземных выработок.

С химической точки зрения в основе инъекционного химзакрепления грунтов лежит явление конденсации неорганических и органических полимеров (крепителей) при их взаимодействии с коагулянтами (отвердителями) и заключающееся в отверждении полимеров в порах и трещинах грунтов, чем обеспечиваются положительные изменения физико-механических свойств закрепляемых грунтов.

В качестве крепителей применяют водные растворы силиката натрия (неорганический полимер), а также растворы карбамидных и других синтетических смол (органические полимеры) В качестве отвердителей применяют различные неорганические и органические кислоты, соли и химические добавки к ним, некоторые газы.

Закрепление грунтов на основе растворов силиката натрия независимо от применяемых отвердителей называется силикатизацией, на основе карбамидных смол - смолизацией, на основе цементных растворов - цементацией .

Участвующие в процессе закрепления грунтов химические вещества в растворах или газы называются закрепляющими реагентами [3].

В промышленном и гражданском строительстве в основном применяется цементация трещиноватых скальных и крупнообломочных грунтов, а также крупных пустот и полостей в грунтах карстового и иного происхождения.

При проектировании цементации необходимо учитывать специальные требования.

Требования к цементации грунтов, выполняемой в целях выравнивания или повышения модуля деформации грунтов, сводятся к задаче по заполнению крупных и средних трещин и пор цементным и цементно-глинистым камнем с кубиковой прочностью не менее 2 МПа.

Критерий достаточной прочности грунтов – удельное водопоглощение при цементации в скальных грунтах крупной и средней трещиноватости, обычно не превышает 0,1 - 0,2 л/мин × м^2. В грунтах, имеющих сравнительно тонкую трещиноватость, этот критерий может быть в два раза меньше. Отдельные высокие показатели водопоглощения в контрольных скважинах, превышающие расчетные в 5 - 10 раз, не являются основанием к браковке

выполненных работ, поскольку высокие расходы в отдельных зонах зацементированных грунтов, как показывает практика, не влияют на модуль деформации массива грунтов. В соответствии с изложенным цементация для указанных целей обычно выполняется по редкой сетке из расчета одна скважина на 15 - 30 м^2.

Требования к цементации скальных грунтов, выполняемой для улучшения параметров сопротивляемости сдвигу, сводятся к задаче по закреплению и омоноличиванию блоков, разделенных протяженными трещинами. Для этой цели в основном применяются чисто цементные растворы, нагнетаемые при наибольших допустимых давлениях.

Цементация скальных грунтов представляет собой принудительное внедрение в породу цементных растворов, образующих в течение времени плотный цементный и цементно-глинистый камень, заполняющий более или менее полно трещины и пустоты в грунтах. Схема процесса укрепления грунтов представлена на рисунке 2.3.

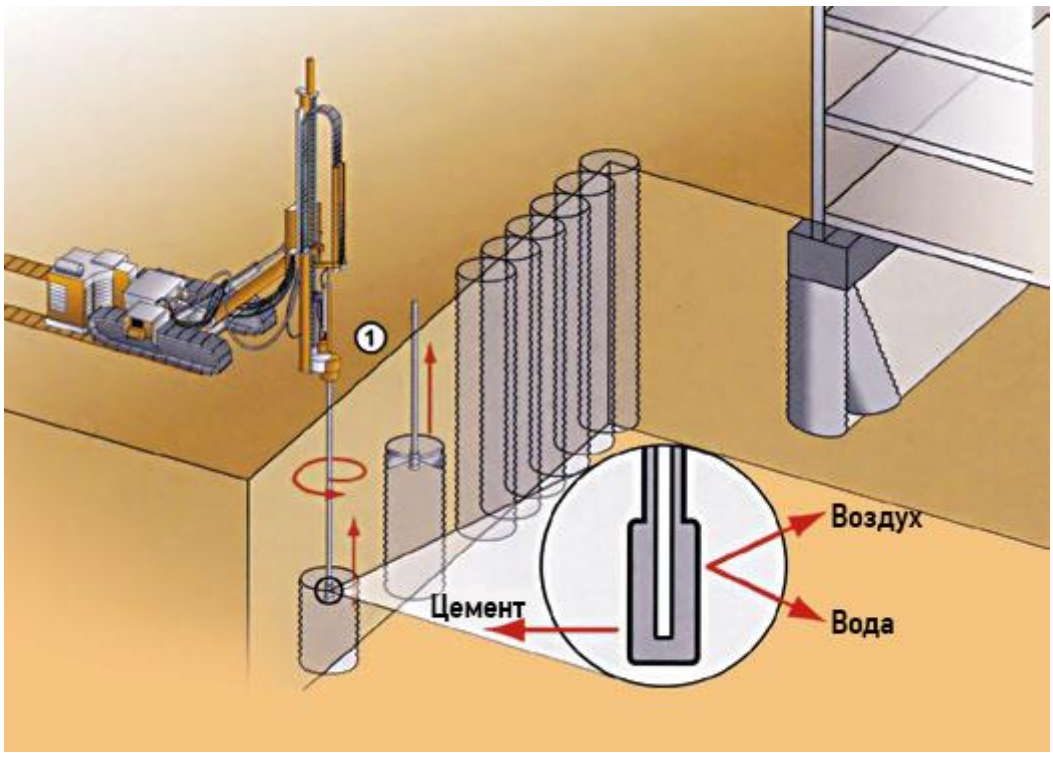


Рисунок 2.3 – Схема процесса укрепления грунтов

Раствор вводят в грунт через пробуренные в грунте скважины инъекционным способом под давлением 0,1 - 2 МПа и более.

В практике цементационных работ в основном применяются два типа

растворов: быстрорасслаивающиеся с большим водоотделением (в основном цементные суспензии); стабильные растворы с небольшим водоотделением (цементно-глинистые, цементно-бетонитовые и т.д.).

Быстрорасслаивающиеся растворы заполняют трещины постепенно по мере выпадения частиц цемента в осадок. Интенсивность этого процесса возрастает с уменьшением скорости движения раствора по трещинам. Поэтому сначала заполняются трещины на некотором удалении от оси цементационных скважин и только потом , по мере роста сопротивления движению раствора и соответствующего уменьшения его скорости, происходит заполнение трещин и вблизи инъекционных скважин. Именно поэтому цементацию необходимо доводить до полного отказа в поглощении раствора [3] .

Невысокая динамическая вязкость расслаивающихся цементных суспензий, особенно жидких, применяемых обычно в начале цементации, позволяет эффективно цементировать скальные грунты в радиусе до 1,5 - 2,5 м.

Быстрорасслаивающиеся суспензии наиболее эффективны в водонасыщенных и сухих грунтах. Исключением являются пористые скальные и полускальные грунты, сухие слабосцементированные песчанники, алевролиты и т.д. Благодаря пористости такие грунты быстро обезвоживают цементные суспензии, что приводит к ухудшению качества цементации из-за образования в трещинах пробок из обезвоженного раствора.

В целях профилактики против образования пробок эффективно применяется предварительная закачка в цементируемую скважину жидкого силикатного раствора, образующего на поверхности стенок трещин непроницаемую для воды пленку.

Стабильные растворы, как правило, обладают высокой динамической вязкостью, что ограничивает их применение в грунтах с относительно тонкой трещиноватостью. Особенно неудобны в этом отношении растворы, в состав которых входят суглинок и глина с большим содержанием крупных фракций.

Стабильные растворы чаще всего применяют в скальных грунтах для заполнения в них крупных пустот и крупных трещин, особенно карстовых, а также в грунтах средней трещиноватости, не требующих высокого качества цементации. В первом случае стабильные растворы применяют с добавкой

мелкого или крупного песка. В водонасыщенных грунтах за время инъекции стабильные растворы практически не отдают воду, а в крупных трещинах, где возможно турбулентное перемешивание с грунтовой водой, часто разжижаются, теряя способность к схватыванию (затвердеванию), поэтому их целесообразнее применять в сухих грунтах, особенно пористых, т.е. в условиях, где опасное для этого типа растворов разжижение с грунтовой водой не может иметь место.

Качество цементации во многом зависит от давления, применяемого при инъекции. Достаточно высокое давление способствует увеличению скорости движения раствора по трещинам, препятствует преждевременному образованию пробок и в целом увеличивает эффективность цементации, главным образом, за счет деформаций, возникающих под влиянием высокого давления инъекции. Деформации локализуются в виде упругого раскрытия трещин, закрытие которых после цементации способствует отжатию воды из осевшего в трещинах цементного теста, из которого образуется очень плотный цементный камень, обеспечивающий хорошее качество сопряжения между блоками скального грунта, разделенными трещинами. Кроме того, в результате упругих деформаций хорошо цементируются трещины с небольшим раскрытием в естественном состоянии (0,1 - 0,3 мм).

Высокое давление при цементации - свыше 2,5 - 3 МПа требует специальных мер против разрыва грунта по напластованиям, а также по закрытым трещинам. Профилактикой против указанного явления является применение насосов с предельным расходом не свыше 40 - 60 л/мин. Такие насосы обеспечивают автоматическое снижение давления при инъекции, поскольку раскрытие трещин обычно сопровождается увеличением удельного расхода раствора до величины, при которой поддержание давления на высоком уровне невозможно из-за малой производительности насоса.

Применение высокого давления при цементации определяется[3]:

- возможностью и допустимостью разрыва пластов за пределами цементируемой области;
- наличием достаточной пригрузки, препятствующей возникновению опасных (разрушающих) деформаций как в цементируемом массиве, так и в

сооружениях, расположенных в зоне цементационных работ;

- экономическими соображениями, поскольку применение высокого давления в некоторых случаях связано с неоправданными потерями инъекционных материалов.

. Цементацию выполняют в виде сетки скважин из расчета одна скважина на 9 - 36 м^2 и по месту, из условия подсечки определенных трещин или систем трещин.

2.3.2. Проектирование химического закрепления грунтов

Выбор способа бурения для цементации зависит от категории грунтов по буримости, от глубины скважин, их направления (по отношению к вертикали), характера трещиноватости, устойчивости грунтов, уровня грунтовых вод и других условий. Окончательный выбор способа бурения в каждом конкретном случае определяется технико-экономическим расчетом или на основе опыта в аналогичных условиях. Технология бурения в неустойчивых грунтах с применением обсадных труб и под глинистой промывкой описана во всех руководствах по буровым работам.

Степень засорения пор и трещин грунтов продуктами бурения зависит от принятого способа бурения и применяемых буровых коронок. Так, например, колонковое бурение алмазными коронками меньше всего зашламовывает трещины. Ударное бурение значительно сильнее зашламовывает трещины, что может потребовать более частого расположения цементационных скважин. Бурение под глинистой промывкой в цементируемой части скальных грунтов не допускается, а в песчано-гравелистых грунтах допускается только в случае применения способов инъекции, основанных на принудительном внедрении тампонирующих растворов в грунты с нарушением их структуры[3].

Допустимые отклонения в расстояниях между скважинами зависят от проектного расстояния между ними (чем больше расстояние, тем больше допустимое отклонение). Допустимое отклонение на забое зависит также от необходимой плотности цементации в нижней части цементируемой зоны. В целом допустимое отклонение определяется инженерным расчетом с учетом технических возможностей бурения и задается проектом.

Способы замера искривлений скважин описаны в пособиях по буровым

работам.

Упрочнение породы в выработках достигается связыванием зоны трещиноватости, формирующейся непосредственно после проходки выработки, путем нагнетания в трещины цементирующего раствора.

Упрочнение пород применяется при сооружении горизонтальных и наклонных выработок сечением не более 40 м", проводимых в обычных горнотехнических условиях при H_R:R_c≥12 (3 и 4 категории устойчивости) и в условиях зон геологических нарушений, если не было проведено мероприятий по предварительному упрочнению массива или если эти мероприятия оказались недостаточными. Способ не применим при слабом сцеплении упрочняющего раствора с приконтурными породами.

Работы по упрочнению пород должны отставать от проходческих на время, необходимое для формирования зоны трещиноватости, в которую нагнетается скрепляющий раствор, а также для того, чтобы работы по упрочнению не мешали проходческим. Величина отставания не менее 20–30 сут.

До начала работ по упрочнению зон трещиноватости должны быть проведены работы по заполнению пустот за крепью песчаноцементным раствором. Время между заполнением пустот и нагнетания упрочняющего раствора должно составлять не менее 3–4сут.

Для заполнения пустот закрепленного пространства рекомендуется применять песчано-цементные растворы с составом, указанным в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расход компонентов для приготовления 1 м^3 тампонажного раствора [3]

Состав тампонажного раствора Ц: П: В	Расход компонентов для приготовления 1 м^3 тампонажного раствора, кг		
	цемент	песок	вода
1:3:2	287	862	574
1:4:2	260	1038	519
1:5:2	237	1184	474

Ориентировочный расход тампонажного раствора для заполнения закреплённых пустот определяется по формуле

$$V = 1{,}159\ P\ (0{,}5A_h + 0{,}05b_y) \qquad (2.1)$$

где Р– периметр поверхности породного обнажения выработки (без учета почвы), м; A_h – средняя глубина закрепленного пространства, м; b_y – средняя

глубина упрочняемой зоны, м.

Для нагнетания упрочняющего раствора по периметру выработки бурят в радиальном направлении цементационные шпуры, располагаемые в шахматном порядке со средней плотностью один шпур на 2–2,5 м поверхности выработки (чем меньше трещиноватость приконтурного массива, тем чаще располагают шпуры). Глубину упрочнения пород от контура выработки, равную глубине зоны интенсивной трещиноватости, определяют в зависимости от радиуса выработки а, м, и от напряженного состояния пород, характеризуемого отношением $H_р$: $R_с$, пользуясь графиком (рисунок 2.4)

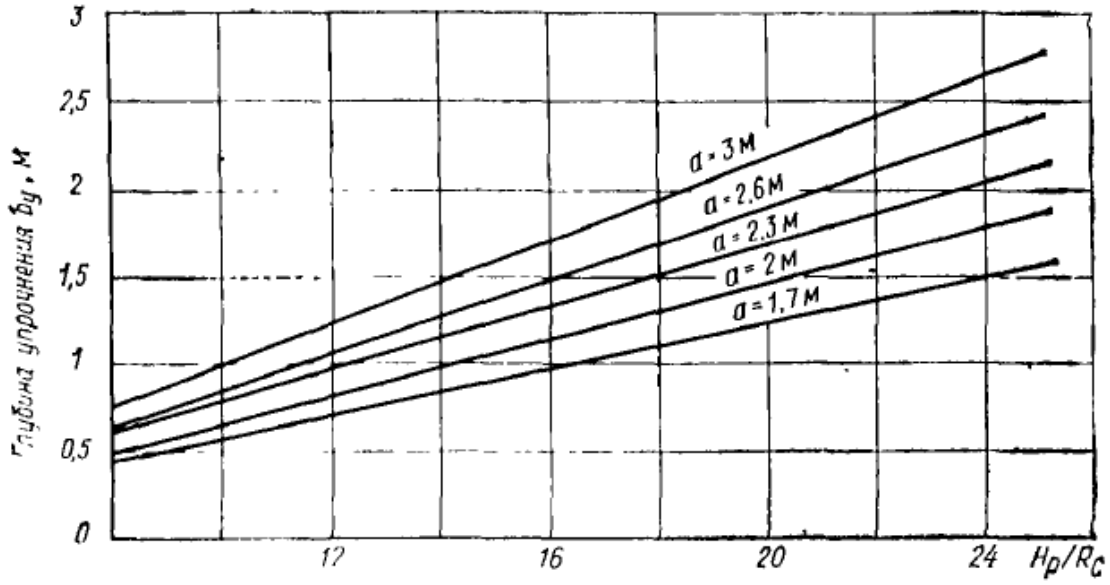


Рисунок 2.4. – Графиуи для определения глубины упрочнения

В качестве упрочняющих рекомендуется применять цементные растворы (без песка), используя цементы марки не ниже 400 одного из следующих видов: портландцемент (ПЦ), сульфатостойкий портландцемент (СОПЦ), пуццолановый портландцемент (ППЦ), пластифицированный портландцемент (ПлПЦ). Выбор вида используемого цемента зависит от химического состава подземных вод и осуществляется с учетом требований главы СНиП II-28-73, изд. 1980 г. Водоцементное отношение упрочняющих растворов должно быть в пределах 0,5–1,

Для увеличения проникающей способности растворов по трещинам следует применять механическую активацию смеси в смесителях-активаторах конструкции ВНИИОМШС с введением в ее состав химических пластифицирующих добавок сульфитно-спиртовой барды (ССБ), сульфитно-

дрожжевой бражки (СДБ) или суперпластификатора С-3. Возможно введение указанных добавок в сочетании с другими, в частности со смолой нейтрализованной воздухововлекающей (СНВ), например для раствора с водоцементным отношением В: Ц=0,5 добавляют суперпластификаторы 0,6–1 % и смолы СНВ – 0,005 %. Расход составляющих на 1 м^3 цементного раствора определяется по таблице 2.2.

Таблица 2.2– Расход составляющих на 1 м^3 цементного раствора

Соотношение составляющих		Количество составляющих на 1 м3 раствора, кг	
цемент	вода	цемент	вода
1	1	750	750
1	0,6	1070	642

Приготовление упрочняющих растворов следует вести с использованием дозирующих устройств с систематическим контролем вязкости раствора по вискозиметру СП-5.

Определение параметров упрочнения производится следующим образом. По графику рисунка 2.5 определяется в зависимости от величины H_p: R_e и от величины времени отставания работ по упрочнению от проходческих требуемая величина коэффициента упрочнения (восстановления прочности) пород ξ=Ry: Rc, где Ry, – сопротивление зацементированных пород сжатию, МПа. Водоцементное отношение упрочняющего раствора следует назначать, руководствуясь графиком рисунка 2.6 в зависимости от величины коэффициента упрочнения.

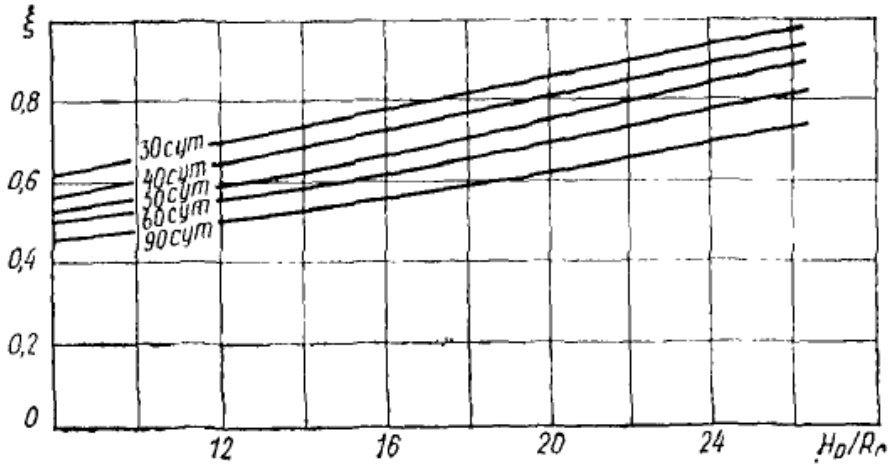


Рисунок 2.5– Графики для определения коэффициента упрочнения пород

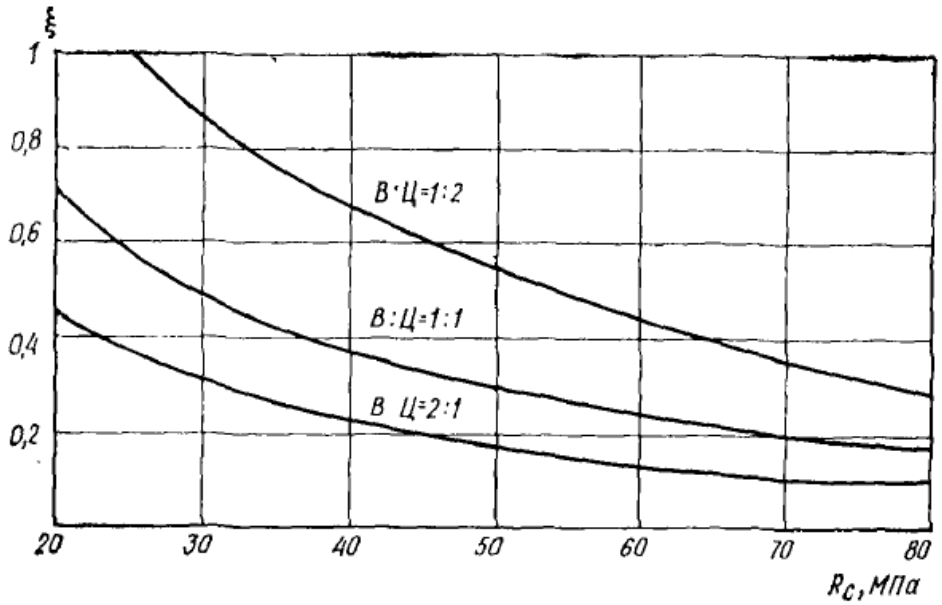


Рисунок 2.6– Зависимость коэффициента упрочнения пород от водоцементного отношения

Нагнетание упрочняющего раствора в шпуры следует осуществлять последовательно, начиная с нижних шпуров и кончая верхними, Давление нагнетания увеличивают ступенями от 0,2 МПа вблизи контура выработки до 0,6–1 МПа в глубине массива, Верхний предел давления нагнетания ограничивается несущей способностью крепи.

Работы по упрочнению породного массива необходимо вести соответствующему проекту с ведением журнала производства работ.

На участке строительства демонтажной камеры запроектировано использование оборудования, представленного в таблицах 2.3-

Таблица 2.3–Перфоратор пневматический ССПБ-1

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Количество
Перфоратор пневматический	ССПБ-1	3
Перфоратор телескопный	ПТ-48А	3
Буровой станок	БП 100Н	2
Дизелевоз	SCHOMA	1
Вагонетка шахтная людская	ВПГ-18	1
Вагонетка шахтная глухая	ВСК 6.2	2
Цистерна шахтная	-	3
Растворомешалка	V-0,5м^3	2
Растворомешалка смеситель	N=1500-3000 б/мин	1
Инъекционный насос	НБ4-320	2
Таль, Гост 22584-96	ТЭ-100-5110	2
Пульт управления	РУМС	1
Манометр	МКШ	40
Пакер	3 ПМС	20

Таблица 2.4 – Технические характеристики

Наименование	Значение
Номинальное рабочее давление сжатого воздуха, МПа (атм)	0,5 (5)
Энергия удара, Дж, не менее	63
Частота ударов, с-1 (мин -1), не менее	32 (1920)
Тип вращателя	Планетарный, независимый
Крутящий момент, Нм	30
Удельный расход воздуха, $м^3$/с ($м^3$/мин) при Р = 0,5 МПа.	0,029 (4,47)
Масса, кг	31,5
Длина, мм	750
Размер буксы под буровую штангу, мм	25-22

Таблица 2.5 –Перфоратор телескопный ПТ-48А

Наименование	Значение
Глубина бурения, м	15
Диаметр коронки, мм	52-85
Масса перфоратора без бурового инструмента, водяной коммуникации маслораспылителя, кг	48
Энергия удара, Дж,	86,3
Частота ударов, с-1	43,3
Крутящий момент, Нм	32,3
Номинальное давление воздуха, МПа (кгс/см2)	05
Внутренний диаметр рукава подводящий воздух, мм	25
Внутренний диаметр подводящего промывочную жидкость, мм	12
Расход промывочной жидкости при давлении 0,5 МПа, л/мин	6

Таблица 2.6 – Буровой станок БП-100Н

Наименование	Значение
Диаметр бурения, мм	85,105,110,130
Диаметр расширения скважин, мм	168
Глубина бурения, м до	80
Диаметр бурового става, мм	76
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа (кгс/$см^2$)	0,5 (5)
Расход воздуха (без пневмоударника), $м^3$/мин	13
Рабочее давление в водяной магистрали, МПа	1,,,1,2
Расход воды, л/ мин	10-18
Общая масса станка (без комплекта штанг и запасных частей), кг	600

Таблица 2.7 – Дизелевоз SCHOMA CHL-60G

Наименование	Значение
Система привода	Дизель-Гидростатический
Локомотив вес, т	15
Ширина колеи, мм	900/750
Ось композиции	2-осевой
Мощность двигателя, кВт	74,9
Скорость, км/ч	20
Минимум радиус кривой, мм	25

2.4 Технологическая схема сооружения демонтажной камеры

К горным способам сооружения тоннеля относятся такие способы производства работ, при которых разработку грунта и устройство постоянной конструкции тоннеля ведут по частям, по отдельным элементам поперечного профиля тоннеля [5].

Выработку на полное сечение раскрывают посредством проходки отдельных выработок небольшого сечения – штолен, калотт, штросс, разработки ядра с применением деревянного, анкер-набрызгбетонного или инвентарного металлического крепления, под защитой которого возводят постоянную обделку – монолитную – из бетона, железобетона или сборную – из чугунных или железобетонных тюбингов.

В настоящее время при строительстве метрополитенов горный способ применяют на подземных работах:

- у шахтных стволов, в местах рассечек для проходки горизонтальных выработок, устройства околоствольных сооружений (рудничных дворов, насосных камер, обходных штолен, складов ВВ и др.), устройства монтажных и демонтажных камер для щитов, блоко– и тюбингоукладчиков и другого горнопроходческого оборудования, а также в местах пересечения подземных выработок;
- для постройки тоннелей и камер больших пролетов и переменного сечения, где по геологическим условиям невозможно раскрыть такую выработку сразу на все сечение без временного крепления;
- для проходки коротких тоннелей (длиной до 300 м), где применение щитов экономически нецелесообразно, а способ сплошного забоя применять нельзя;
- для сооружения различных технологических камер и межтоннельных выработок метрополитена вспомогательного назначения (дренажных перекачек, санитарных и вентиляционных узлов, электроподстанций и др.).

Горный способ объединяет несколько способов (методов) производства работ, каждый из которых характеризуется определенной последовательностью раскрытия частей тоннельного профиля, своей системой временной крепи и

порядком возведения обделки. В настоящее время наиболее широко применяются следующие способы производства работ [4]:

- способ опертого свода, при котором в начале проходят сводовую часть тоннеля, возводят в ней обделку, а затем разрабатывают ядро, подводят стены и устраивают обратный свод;
- способ опорного ядра, при котором в начале возводят стены, затем — свод тоннеля, а в последнюю очередь, разрабатывают ядро и устраивают обратный свод;
- способ раскрытия полного профиля по частям, при котором разработку грунта ведут по элементам тоннельного профиля с установкой временного крепления, а затем под его защитой возводят обделку сразу на все сечение.

2.4.1 Способ опертого свода

Впервые этот способ был применен в Бельгии в 1828 г. при строительстве судоходного тоннеля в мягких малообводненных грунтах. В горнотехнической литературе его коротко называют бельгийским. Суть его заключается в следующем: трассу тоннеля разбивают на короткие участки (кольца), в пределах которых ведут выемку грунта и затем возводят обделку. Длину кольца в среднем принимают не более 6,5 м. Раскрытие сечения осуществляют в последовательности, приведенной на рисунке 2.7. Вначале проходят направляющую штольню, затем из нее раскрывают калотту и возводят бетонный свод, который опирается пятами на породные целики (бермы), оставляемые при разработке средней части ядра. Отсюда наименование: способ опертого свода [12].

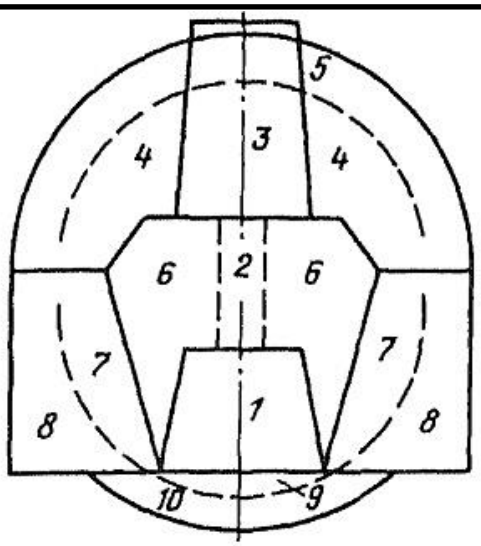


Рисунок 2. 7– Раскрытие сечения тоннеля способом опертого свода (цифрами показана последовательность раскрытия):

1 – нижняя направляющая штольня; 2 – фурнель; 3 – верхняя штольня; 4 – калотта; 5 – свод; 6 – центральная часть штроссы; 7 – боковые части штроссы; 8 – возведение бетонных стен; 9 – обратный свод (лоток); 10 – обделка лотка

Раскрытию забоя предшествует проведение в сечении тоннеля на длину кольца одной или двух штолен. Двухштольневый вариант соответствует наименее благоприятным горно-геологическим условиям. Нижнюю и верхнюю штольни на границе колец соединяют вертикальными или наклонными фурнелями для спуска грунта и подъема крепежного материала при разработке калотты. Раскрытие калотты сопровождается применением сложных конструкций деревянной крепи, которая удерживает всю площадь свода до возведения бетонной обделки. После набора сводом не менее 60% проектной прочности разрабатывают грунт в центральной части в шахматном порядке, удаляют бермы и подводят стены под пяты свода. Наиболее сложной является заделка контакта между стенами и сводом. Используют жесткий бетон и нагнетают за крепь песчано-цементный раствор. В последнюю очередь разрабатывают грунт в лотковой части и бетонируют обратный свод.

К достоинствам способа следует отнести возможность возведения свода практически в самом начале раскрытия забоя, что повышает надежность и безопасность работ. К недостаткам относятся повышенная трудоемкость работ, стесненность, низкие темпы сооружения тоннеля. Нельзя исключить и возможность неравномерной осадки свода. К недостаткам следует также отнести значительный расход лесоматериалов и необходимость иметь

высококвалифицированный персонал. Способ применяют в коротких тоннелях с коэффициентом крепости пород *f*=1–4.

Приведенная схема способа относится к его классическому варианту, который в настоящее время модернизирован для тоннелей большого сечения без изменения принципиальной последовательности работ. Элементы модернизации касаются, главным образом, конструкции временной крепи. Взамен сложных деревянных конструкций применяют металлические арки, анкеры, набрызгбетон. В ряде случаев опирание свода осуществляют путем вынесения его пят за пределы контура тоннеля – так называемый свод с выносными пятами (рисунок 2.8). Раскрываемые элементы сечения укрупняются. Разработку породы иногда ведут и с применением буровзрывных работ [8].

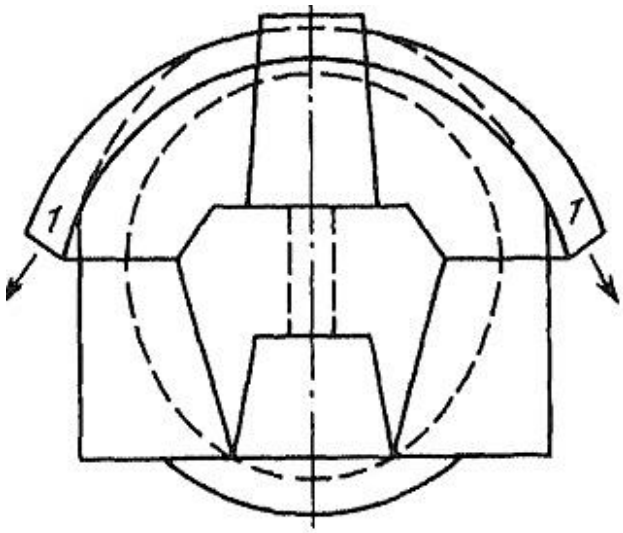


Рисунок 2. 8 – Схема опирания свода на породный массив [9]

2.4.2 Способ полностью раскрытого сечения.

Этот способ применяют в двух вариантах: с поточным или кольцевым развертыванием работ по длине выработки.

В первом случае раскрытие сечения начинают с рассечки верхней штольни *2*, производимой из нижней направляющей штольни *1*.

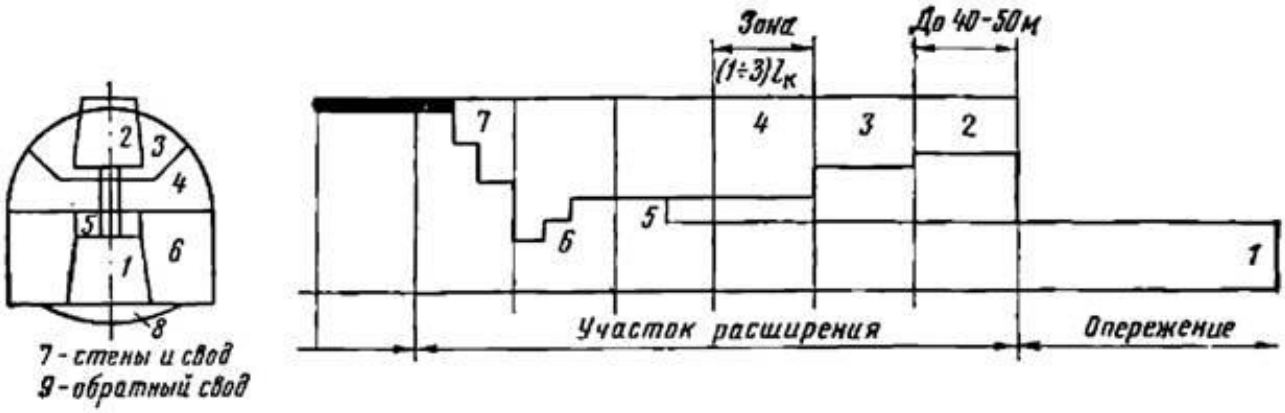


Рисунок 2.9–Поточный вариант способа полностью раскрытого сечения

После проходки верхней штольни не менее чем на три кольца каждое длиной < 4 м (и не более чем на 40–50 м) производят раскрытие малой калотты *3*, а после продвижения забоя штольни еще на три кольца – большой калотты *4* с соответствующим понижением подошвы выработки. Стойки штольневых рам и ферм малой калотты располагают в разных плоскостях в соответствии со схемой полной крепи выработки[4].

Следующей стадией работ является подготовка основания в нижней штольне для опирания крепи полностью раскрытой выработки. Для этого в плоскости ферм малой калотты укладывают лежаки – бревна диаметром до 50 см, отесанные на два канта. Верх лежаков должен совпадать с верхом лежней рам нижней штольни (рисунок 2.10).

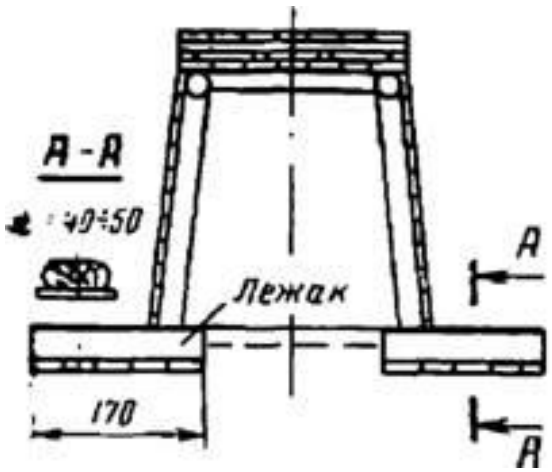


Рисунок 2.10–Подготовка основания для полной крепи выработки

После выломки *штроцетты 5* устанавливают средние подшверлерные столбы так, чтобы они составляли продолжение первых стоек штендеров фермы большой калотты, поддерживающих наиболее нагруженные прогоны. Далее от центра к периферии кольца производят разработку боковых частей штроссы *6* с постановкой подшверлерных столбов, вторую пару которых ставят

вертикально (рис. 159). Введение подшвеллерных столбов в работу достигается забивкой клиньев между их верхними концами (столбы ставят широкой частью кверху) и нижней гранью швеллера большой калотты. При помощи подшвеллерных столбов полностью воспринимается и передается на лежаки нагрузка, действующая на крепь большой калотты.

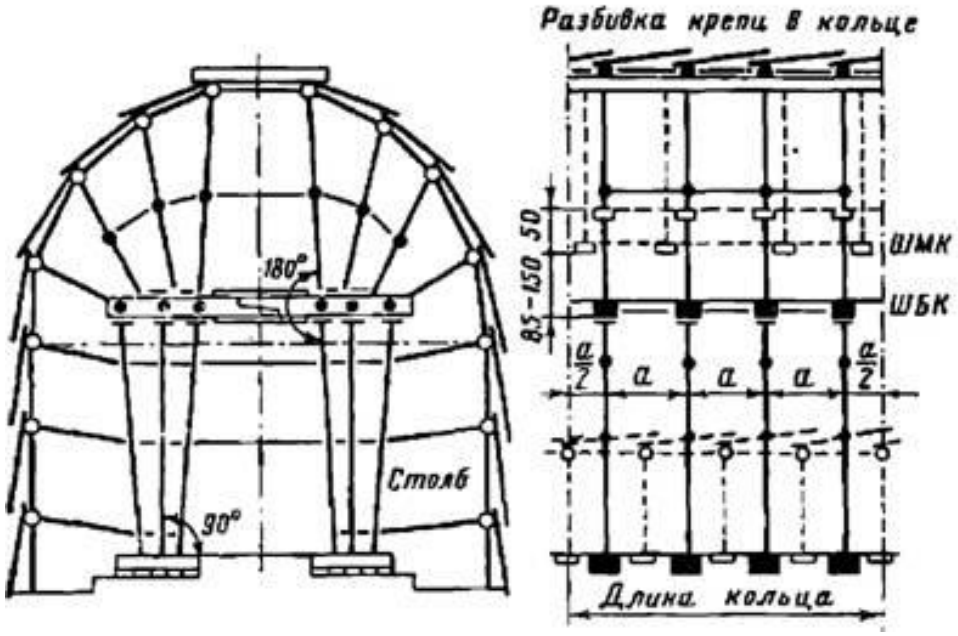


Рисунок 2.11– Схема полной крепи выработки

По мере разработки частей штроссы, примыкающих к контуру выработки устанавливают новые пары прогонов, распираемых при помощи подкосов в подшвеллерные столбы, между которыми забивают горизонтальные распорки, обеспечивающие поперечную передачу бокового давления.

Установку крепи ведут последовательно от середины кольца в обе стороны с постепенной передачей нагрузки на тоннельные фермы полного профиля. Все элементы полученной таким образом полной тоннельной фермы распирают в продольном направлении с помощью распорок, устанавливаемых «в шор» и соединяемых скобами.

Сооружение обделки *7* начинают с подготовки под фундаменты стен и бетонирования последних с оставлением опорных площадок штраб) для примыкания обратного свода *9*. Стены бетонируют по лекалам, устанавливаемым через 70–100 см между тоннельными фермами, с постепенным наращиванием дощатой опалубки и удалением подкосов, коротышей и прогонов. По окончании бетонирования стен устанавливают кружала свода.

Деревянные кружала устраивают с сечением в три доски из косяков толщиной 5–7 см, соединенных нагелями с накладками, и опирают на клинья. При установке кружал в замке необходимо обеспечить запас на осадку, равной 0,5–1% величины пролета (в зависимости от горного давления) и уменьшаемый до нуля у пят свода.

Стальные кружала арочного типа (из прокатных профилей) более целесообразны, чем деревянные. Их достоинствами являются легкость, компактность и экономичность, возрастающая с увеличением длины тоннеля в связи с возможностью многократного использования.

Кружала опираются на продольные брусья, укладываемые по швеллерам большой калотты, и поддерживаются подкружальной крепью. После постановки между кружалами и всеми верхними прогонами надкружальных стоек-коротышей («мальчиков») нагрузка от горного давления передается на кружала и отпадает необходимость в стойках большой калотты, которые снимают по мере бетонирования свода. Последнее ведется радиальными слоями толщиной 20–30 см с постепенной укладкой досок опалубки.

При расстоянии между кружалами до 100 см доски опалубки должны иметь толщину 5–7 см и ширину до 15 см для получения более правильной поверхности обделки. По тем же соображениям доски простругивают со стороны бетона [4] .

По мере бетонирования удаляют коротыши *3* и верхние прогоны *1* . Перед снятием прогона середину опирающихся на него досок поддерживают при помощи поперечины, подпертой вспомогательными коротышами *2*. Прогон вытягивают в соседнее кольцо выработки и бетонирование продолжают до ряда вспомогательных коротышей. После снятия последних бетонную смесь укладывают до следующего верхнего прогона, и процесс повторяется. Перерыв в укладке отдельных слоев бетонной смеси при температуре 15–20° С не должен превышать соответственно 3–2 ч, так как каждый последующий слой должен быть уплотнен до начала схватывания ранее уложенного слоя.

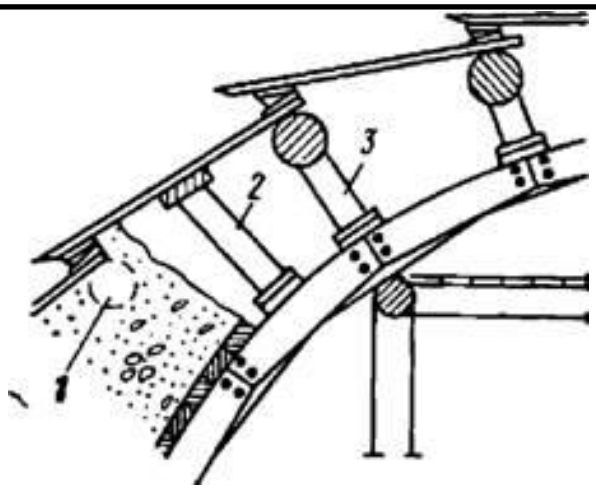


Рисунок 2.12– Бетонирование свода со снятием элементов крепи

Когда бетонная смесь уложена до первой пары прогонов, поддерживающих верхняк, производят замыкание свода. Средние части верхняков бетонируемого кольца подхватывают двумя длинными досками, опирающимися на кружала с помощью коротышей. После снятия одного из прогонов бетонную смесь укладывают до линии коротышей, затем то же самое делают с другой стороны. Последним этапом является снятие поддерживающих досок и коротышей. Дальнейшее бетонирование ведут в продольном направлении с последовательной установкой досок опалубки и между смежными кружалами. Свод раскружаливают в сроки, установленные нормами, путем симметричного выбивания клиньев из-под стоек, поддерживающих кружала [5].

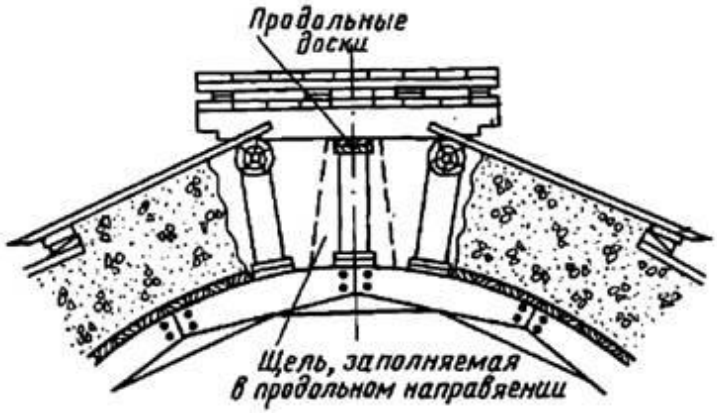


Рисунок 2.13– Замыкание свода

2.4.2 Способ опорного свода

Способ опорного ядра применяют при сооружении тоннелей в мягких слабоустойчивых неводоносных грунтах: глинах, суглинках, супесях, лессах и других грунтах, не способных воспринимать давление свода обделки.

Выработки по этому способу сооружают в следующем порядке: проходят боковые штольни под стены; возводят стены; проходят верхнюю штольню; раскрывают калотты; возводят свод, опирающийся пятами на готовые стены; разрабатывают породное ядро. В ряде случаев по оси выработки устраивают нижнюю штольню, по которой осуществляют транспортирование породы при разработке боковых и верхней штолен.

Практикой установлено, что боковые штольни для возведения стен следует проходить на всю длину сооружаемого по способу опертого свода участка выработки. В случаях, когда для устройства стен предусматривается несколько ярусов боковых штолен, проходку очередного верхнего яруса начинают только после окончания бетонирования нижележащей части стены и достижения бетоном определенной прочности. Пазухи между бетонной стеной и крепью штольни плотно забучивают.

Раскрытие калотты осуществляют кольцами по 4 м с интервалами в 2—3 кольца. В более благоприятных породах длину колец увеличивают до 10—15 м. После проходки такого кольца на этом участке возводят бетонный свод, а затем возобновляют проходку (без оставления целиков).

Разработку опорного ядра (уступа) начинают после достижения бетоном свода проектной прочности [8].

Характерный пример применения способа опорного ядра при проходе в тоннеле большого сечения. Способ опорного ядра с успехом применен в Японии на участках слабых пород при строительстве двухпутного железнодорожного туннеля, сданного в эксплуатацию в 1971 г. Этот тоннель длиной 17 км, проходит в обводненных гранитах различной крепости, вплоть до раздробленных, пересеченных многочисленными тектоническими сбросами. Сечение тоннеля подковообразное, в проходке имеет размер 9,3 Х 9,5 м.

Способ опорного ядра по описанной классической схеме весьма трудоемкий и дорогой, поэтому его применение целесообразно ограничивать в первую очередь короткими выработками или их участками (длиной до 300 м). В туннелях большого сечения этот способ обычно применяют в слабых породах, оказывающих горное давление и не способных воспринять нагрузку от свода выработки.

Вместе с тем проходка тоннелей по способу опорного ядра в сложных инженерно-геологических условиях является наиболее надежной по сравнению со всеми другими способами. При этом способе обеспечивается непрерывность бетонирования крепи в направлении снизу вверх и достигается минимальная осадка кружал, опирающихся на центральное ядро.

Поскольку геологические условия на проектируемом участке схожие (см раздел 1) , принимаем способ опорного ядра как основу для строительства демонтажной камеры.

Ранее были установлены габаритные размеры камеры: длина камеры – 14 м, ширина – 11 м, высота – 10 м.

В соответствии с руководством по проектированию горных выработок и расчетов крепи, составленным к главе СП 91.13330.2012, произведем расчет и выбор крепи.

2.5 Выбор и расчет крепи

Выбор типа и расчет параметров крепи производим в зависимости от категории устойчивости пород. В качестве критерия определения категории устойчивости пород следует принимать величину их смещений *U* на контуре поперечного сечения выработки за весь срок ее службы без крепи таблица 2.8

Таблица2.8 – Величину смещений *U* на контуре поперечного сечения [2]

Категория устойчивости пород	Оценка состояния устойчивости пород	Смещения U, мм		
		Осадочные породы (песчаники, алевролиты, известняки)	Изверженные породы (граниты, диориты, порфириты)	Соляные породы (каменная соль, сильвинит)
I	Устойчивое	До 50	до 20	до 200
II	Среднеустойчивое	Св. 50 до 200	Св. 20 до 100	Св. 200 до 300
III	Неустойчивое	Св. 200 до 500	Св. 100 до 200	Св. 300 до 500
IV	Очень неустойчивое	Св. 500	Св. 200	Св. 500

Отнесение выработки к той или иной категории устойчивости необходимо производить по абсолютной величине максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения, которые определяются дифференцированно в кровле, почве и боках выработки

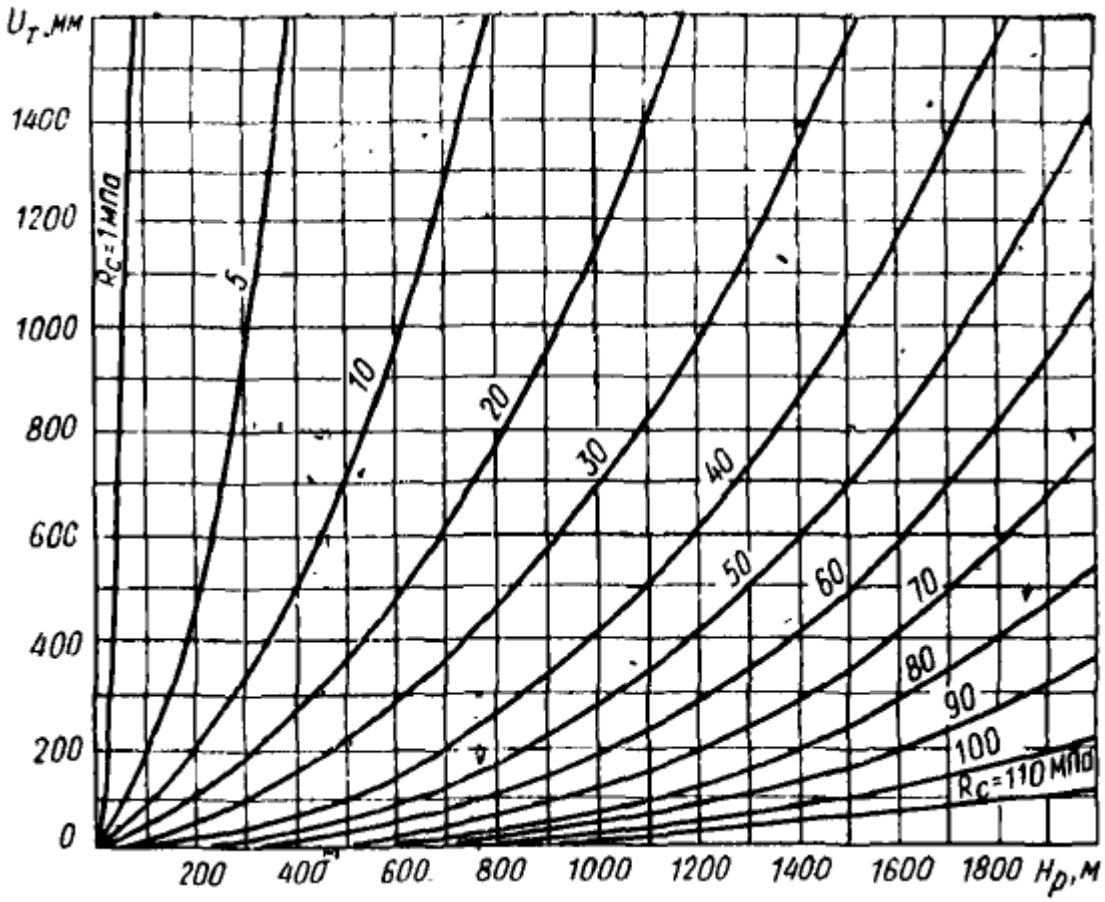


Рисунок 2. 14– Графики для определения типового смещения пород Uт [1]

Величину смещения U для горизонтальных и наклонных выработок определяется по формуле

$$U = k_\alpha \; k_\theta \, k_x \, k_в \, k_t U_T \qquad (2.2)$$

где U_T- – смещение пород, мм, принятое за типовое, определяемое по графикам (рисунок 2.14) в зависимости от расчетного сопротивления пород сжатию $R_{сж}$ и расчетной глубины расположения выработки H_p k_α – коэффициент влияния угла залегания пород определяется согласно таблицы 3.2 [1] k_θ-коэффициент направления смещения пород: при определении смещений со стороны кровли или почвы k_θ равен 1: k_x-коэффициент влияния размера выработки определяется по формуле

$$k_x = 0{,}2(b\text{-}1) \qquad (2.3)$$

где b ширина выработки в проходке, $k_в$-коэффициент воздействия других выработок, принимаемый для сопряжений с односторонним примыкание выработки-1,4, k_t-коэффициент влияния времени возведения крепи. Для выработок, срок службы t которых более 15 лет,k_t равен 1.

Производим расчет для проектируемой камеры. Исходные данные:

проектная глубина размещения демонтажной камеры H=30м; размеры камеры вчерне: длина L_k=14м, ширина b_k=11м, высота $h_н$=10:породы осадочного типа, сопротивление пород по одноосному сжатию R_c=0.55Мпа угол залегания пород α=15˚; срок службы выработки t=30 лет.

При R_c=0.55 и H_p=30м, U_t=270мм, k_α=0,7; k_t=1; $kв$=1,4;k_x=1,8;k_θ(кровли, почвы)=1; k_θ (боков)=0,55

U(кровли)=U(почвы)=0,7◦1◦1,8◦1,4◦1◦270=475,2 мм;

U(боков)=0,7·0,55·1,8·1,4·1·270=261 мм;

Согласно таблице 2.8, устанавливается категория устойчивости пород. В данном случае породы камеры находиться в неустойчивом состоянии (III категория).

Согласно п. 4.30 СП [1] предварительное (опережающее забой выработки) упрочнение пород рекомендуется применять в трещиноватых породах (в зонах тектонических нарушений) при отнесении пород к 3 и 4 категориям устойчивости;

В конкретных условиях выбор упрочняющих материалов, параметров их нагнетания и расчетное упрочнение пород следует принимать в соответствии с отраслевыми нормативами, рекомендациями специализированных организаций и экспериментальными данными применения предварительного упрочнения пород. При отсутствии нормативов и экспериментальных данных при размерах зоны упрочнения пород не менее 0,5b допускается *Rc* принимать равным 0,6*R*, но не более прочности упрочняющего материала (далее смотри главу химическое закрепление).

П. 4.25. [2] в горизонтальных и наклонных выработках в осадочных (исключая соляные) и изверженных породах, расположенных вне зоны воздействия очистных работ и других выработок, следует применять:

- в породах 1 категории устойчивости – анкерную или набрызгбетонную крепь толщиной не менее 30 мм. В монолитных, малотрещиноватых породах допускается оставление выработок без крепи;
- в породах 2 категории устойчивости - монолитную бетонную крепь, комбинированную из набрызгбетона толщиной не менее 50 мм с анкерами и металлической сеткой или без нее, рамную крепь из железобетонных стоек

с металлическими верхняками, сборную тюбинговую, металлическую податливую крепь без обратного свода, анкер-металлическую, металлическую арочную крепь с набрызгбетонным покрытием и тампонажем закреплённого пространства;

– в породах 3 и 4 категории устойчивости - сборную тюбинговую и блочную, а при соответствующем обосновании металлобетонную, металлическую податливую и анкер-металлическую крепи; при этом в породах почвы 1 и 2 категорий устойчивости в крепи указанных типов обратный свод не предусматривается.

В осадочных породах почвы 3 и 4 категорий устойчивости и изверженных породах 4 категории устойчивости-крепи, как правило, должны быть с обратным сводом. В породах 3 и 4 категорий устойчивости допускаются крепи без обратного свода, но с обязательным осуществлением мероприятий по уменьшению смещений почвы путем упрочнения пород цементацией, анкерованием или разгрузкой массива. Необходимость возведения обратного свода и его параметры определяются на основе расчета смещения пород почвы, податливости забутовки и отпора крепи, а также с учетом времени установки крепи.

Согласно п.4.25(4.17) [1], для крепления камеры может быть принята металобетонная крепь с обратным сводом толщина забутовочного слоя 200 мм в кровле и 150мм- в боках.

Согласно п. 4.51(4.28) [1] определяется величина нормативной нагрузки на крепь. При этом величина усадки забутовочного слоя принимается равной 25% его толщины:

Для кровли- $U_{з(кр)}=\frac{200\cdot 25}{100}=50$мм

Для почвы- $U_{з(бок}=\frac{150\cdot 25}{100})=$ 38мм

С учетом указанной усадки забутовки в соответствии с графиком рисунке 2.15

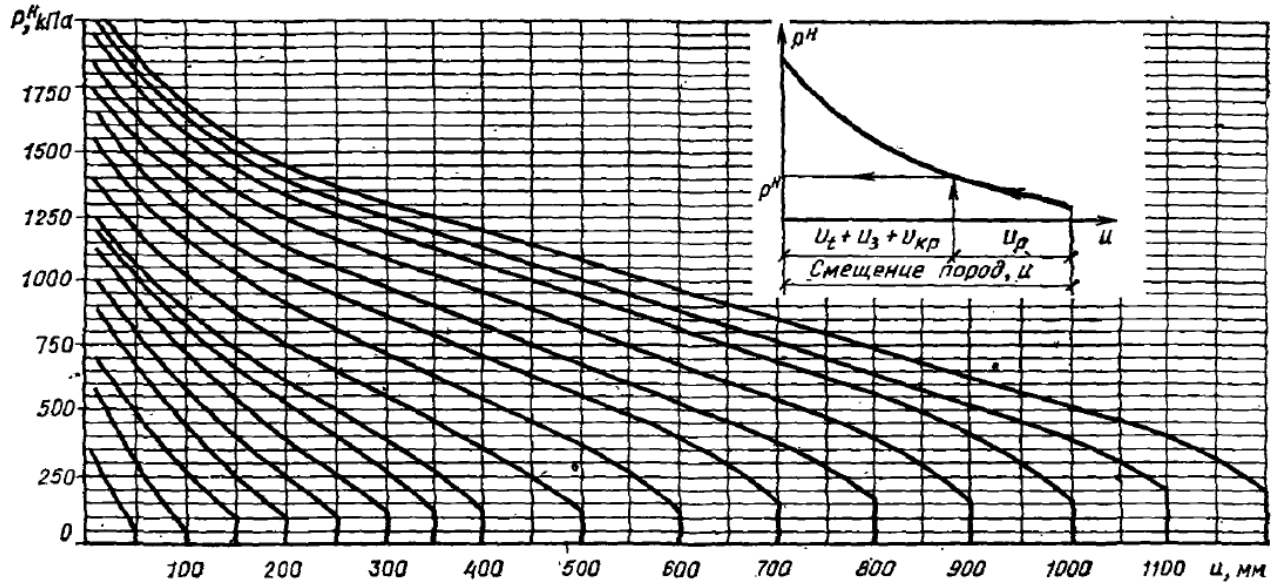


Рисунок 2.15– графики для определения смещения пород

Для кровли и почвы камеры-$p^н$-400 кПа;

Для боков камеры-$p^н$-270 кПа;

По формуле $P=k_П k_Н m_В p^н$

где $p^н$–нормативная нагрузка на крепь, $k_П$-коэффициент перегрузки, принимаем по таблице 2.9 ,$k_Н$-коэффициент принимаемый для главных вскрывающих выработок, равным 1,1, для остальных 1;$m_В$-коэффициент условий проведения выработок, принимаемый равным 1 при буровзрывном способе, а при иных способах следует принимать по таблице 2.10.

Таблица 2.9 – Значения коэффициента перегрузки

Величина смещения U, мм	Коэффициент kп	
	Главные вскрывающие выработки	Магистральные и другие выработки
До 50	1,25	1,1
50 - 200	1,1	1,05
200-500	0,05	1
Свыше 500	1	1

Таблица 2.10 – Значения коэффициента условий проведения выработок

Отношение $H_р/R_с$	До 16	16 -20	20-25	Св 25
$m_в$	0,6	0,8	0,9	1,1

*P(*кровли*)*=*P(*почвы*)*=1·1·0,6·526=315кПа;

*P(*боков*)*=1·1·0,6·270=162кПа

При проведении выработки в породах 3 категории устойчивости, когда расчетные нагрузки не превышают 400 кПа, для выработок 3 и 4 класса

значимости допускается параметры крепи принимать без статического и прочностного расчета (п. 4 .55 [2]).

В соответствие с [2] толщину монолитной железобетонной крепи следует принимать не менее 250 мм с применением двутавра.

П. 4.54 [2] гласит – при использовании двутавровой балки толщина бетона равна 30 см

В соответствие с п. 6.1.6 [1] бетон для железобетонных конструкций следует применять класс бетона по прочности на сжатие не ниже В15.

Бетон марки В30 относится к категории тяжелых бетонов (удельный вес бетона м400 1800 до 2500 кг/м^3) что соответствует п. 6.1[1] и отличается высокими коэффициентами морозоустойчивости и водонепроницаемости (F300 W10). Благодаря этим свойствам, материал применяется для сооружения специальных конструкций, к которым предъявляются завышенные требования касательно прочности.

Расстояние между рамами принимаем не более 1 м.

При установке арки для соблюдения шага между арками и предания дополнительной жесткости, в шахматном порядке выполняем установку рашпанов, схема установки показана на рисунке 2.20 и 2.21.

Двутавр 30Б1 [17] соответствует типу арматуры используемой для возведения железобетонных конструкций п. 6.2.2 [16] (рисунок 2.16).

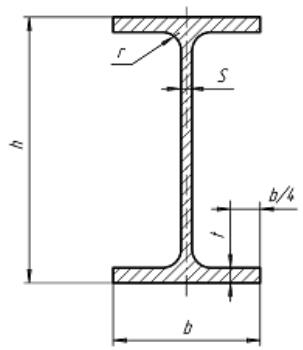


Рисунок 2.16– Балки двутавровые горячекатаные.

Технические характеристики двутавровой балки приняты согласно ГОСТ 26020-83. Размерымм: h=296, b = 140, S=5,7, t = 8,5. Масса 1 м балки = 32,9кг, количество метров в 1 тонне = 30,4м.

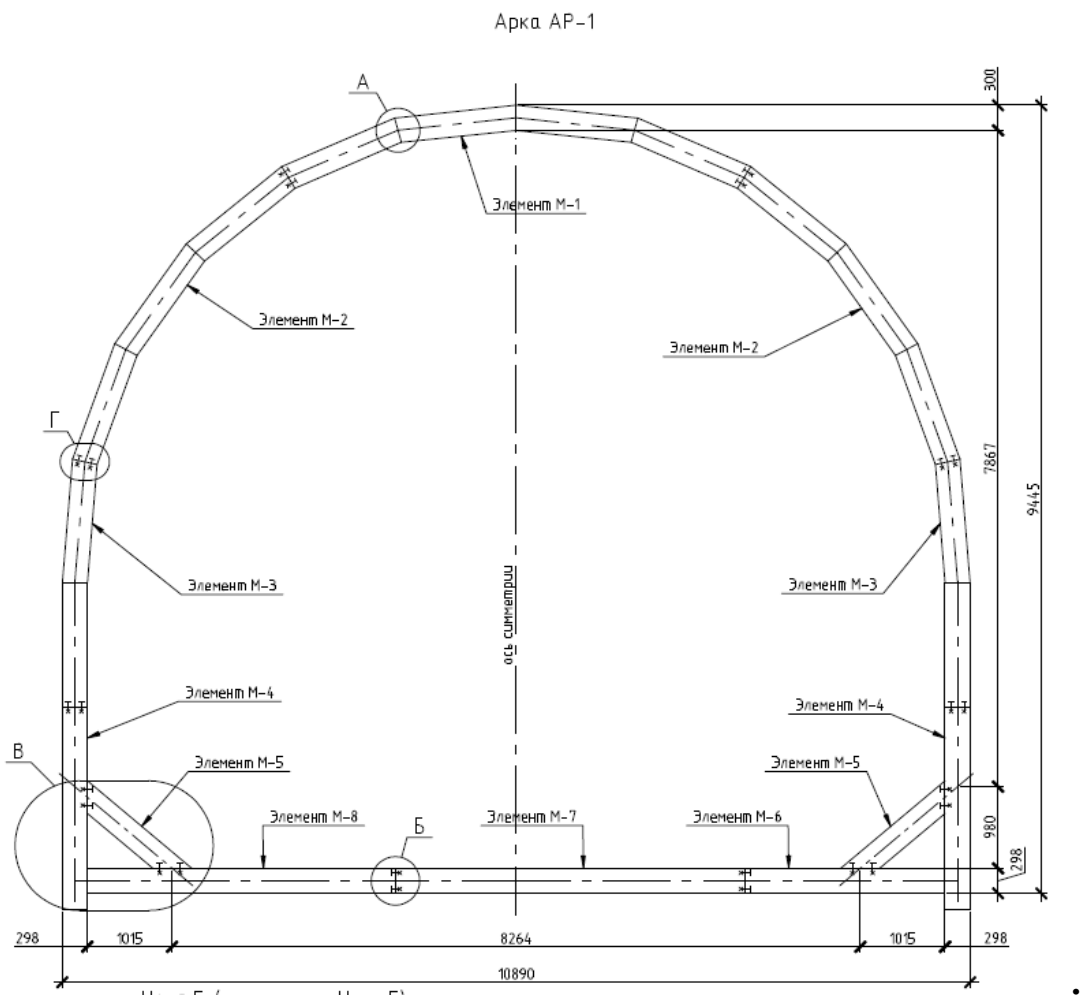


Рисунок 2. 17 – Схема расположения элементов арки.

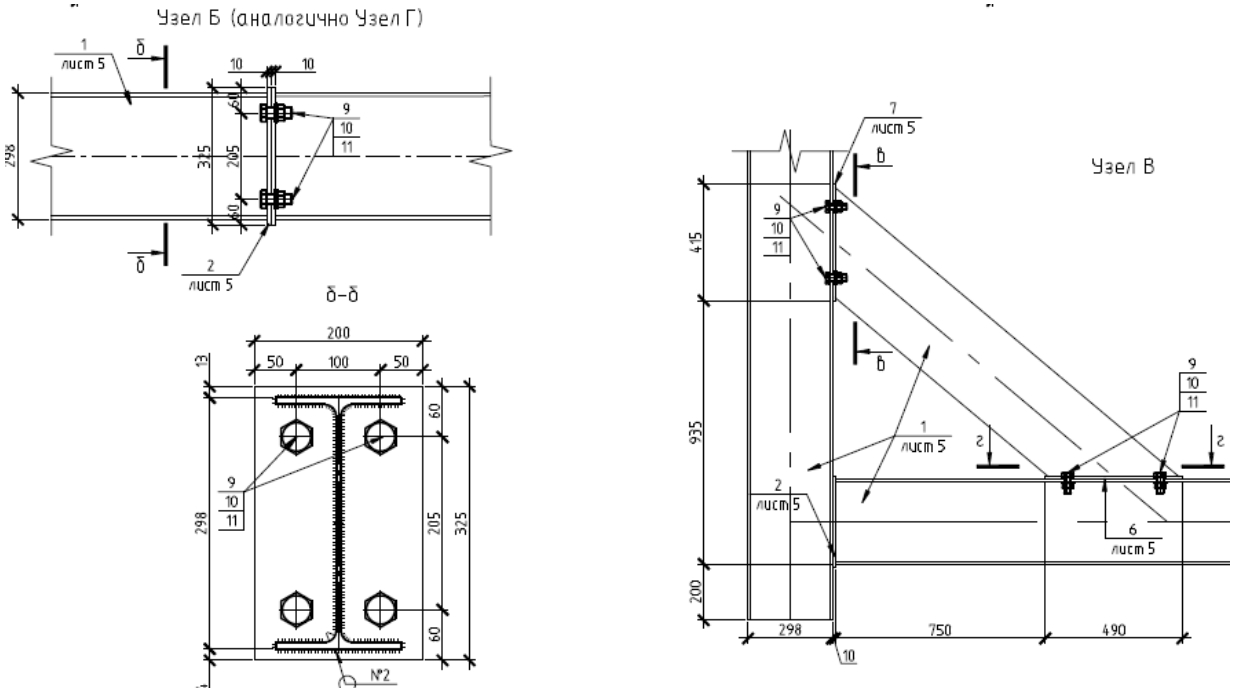


Рисунок 2.18 – Схема узлов элементов арки

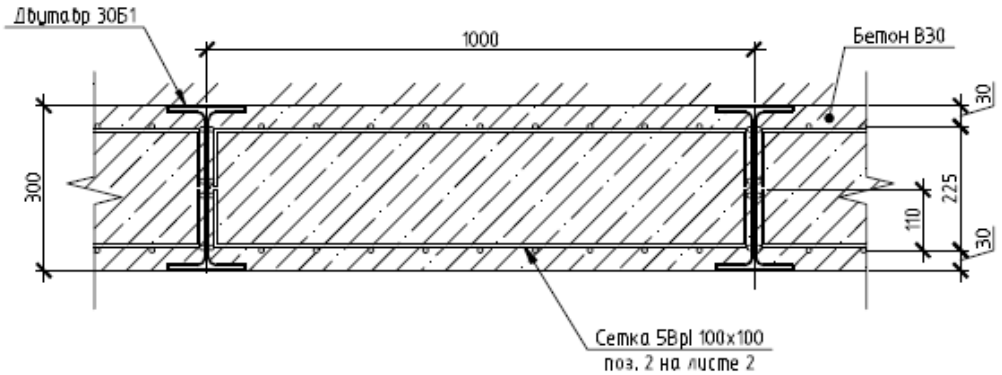


Рисунок 2.19– Армирование обделки

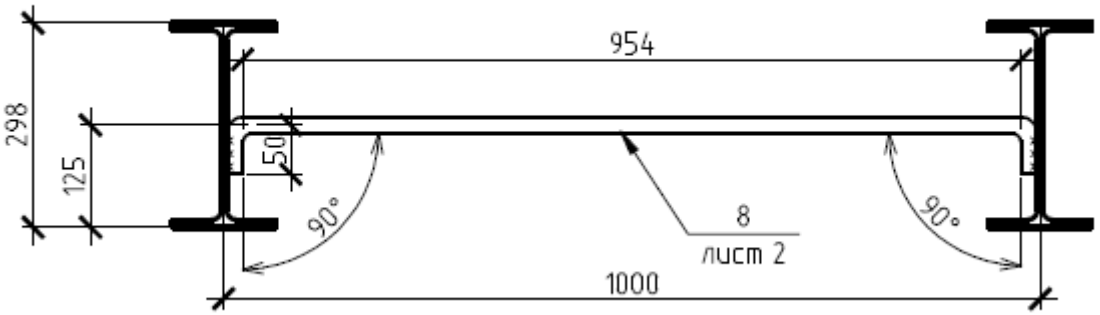


Рисунок 2.20– Крепление рошпанов

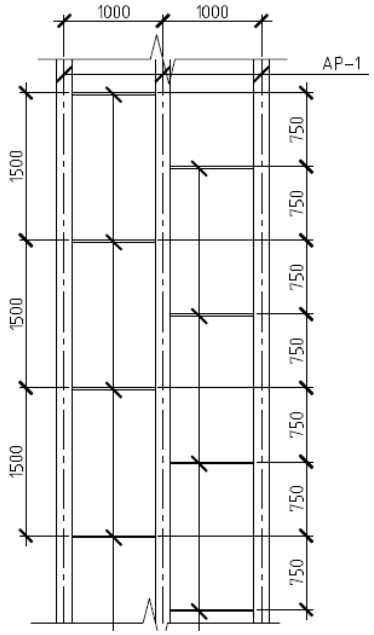


Рисунок 2.21– Схема расстановки рошпанов

2.6 Схема армирования обделки

Работы начинают с устройства первых двух-трех колец камеры, которые называют прорезными. Разработку грунта под эти кольца ведут способом раскрытия на полное сечение по частям.

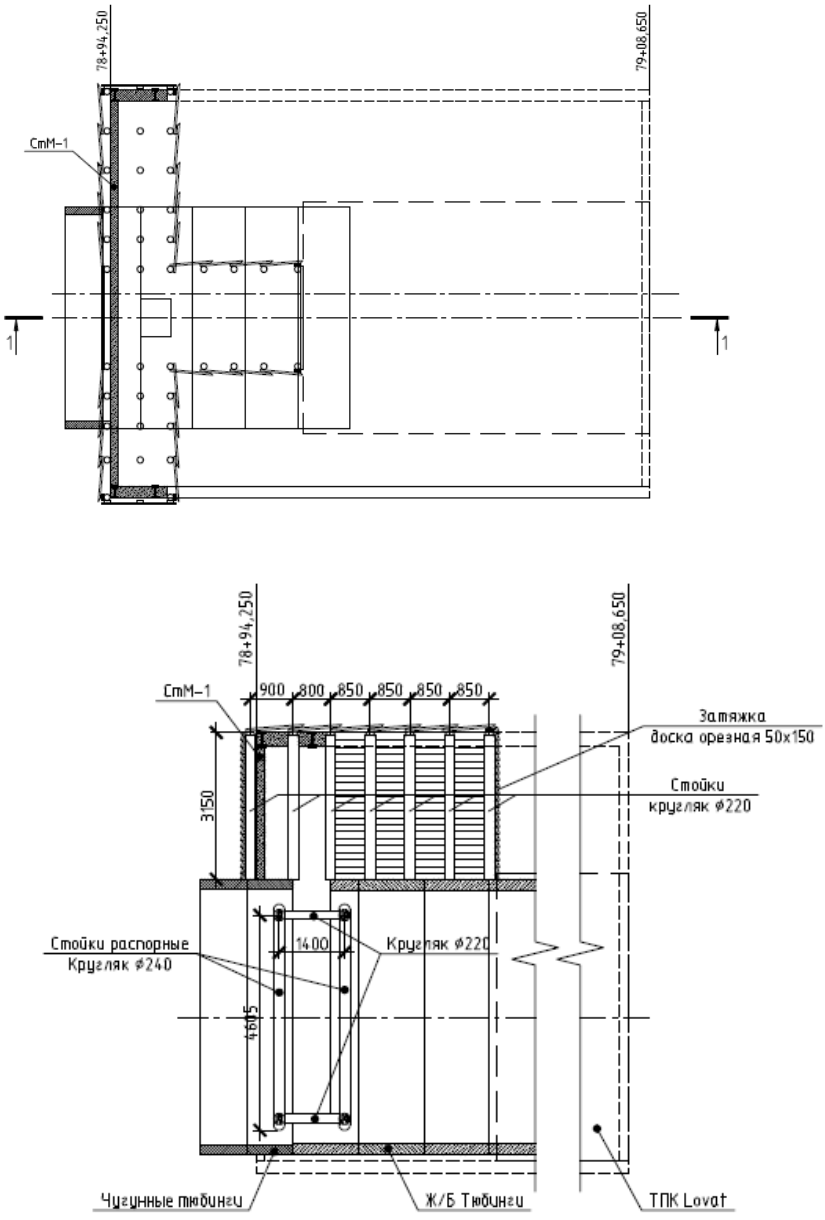


Рисунок 2.22– схема разработки и крепления прорезного кольца

1 этап. Демонтируется железобетонные кольца обделки шириной 700мм на сопряжении железобетонных и чугунных колец обделки. Разрабатываем грунт с креплением временной деревянной крепью в виде дверного оклада из кругляка диаметром 220мм и затяжкой из обрезной доски 50х150 всплошную сверху и по бокам выработки на ширину камеры. Устанавливаем элементы М-4,

М-5, М-6, М-8 первой и второй арки, устанавливаем сетку, набираем опалубку. Бетонируем обделку между арками, обратным сводом и элемента стены на разработанную высоту.

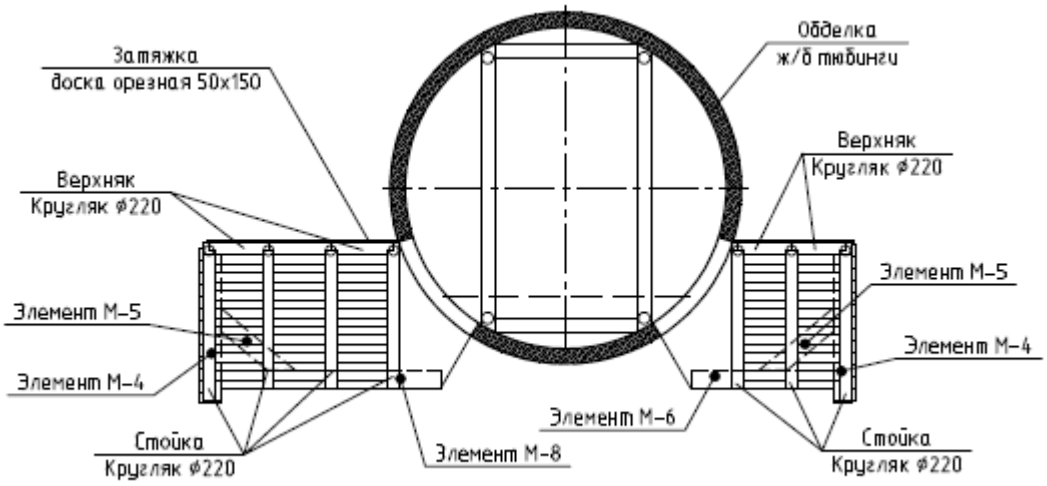


Рисунок 2.23 – Демонтаж ж/б кольца, 1 этап

2 этап. Демонтируем кольцо обделки на уровне второго яруса, шириной 700мм. Разрабатываем грунт с креплением деревянной крепью. Ширину установки стоек деревянной крепи принимаем из учета опирания на обделку тоннеля, не более 1 м. Устанавливаем элементы М-3, первой и второй арки, устанавливаем сетку и набираем опалубку. Бетонируем обделку между арками и элементами стены на разработанную высоту.

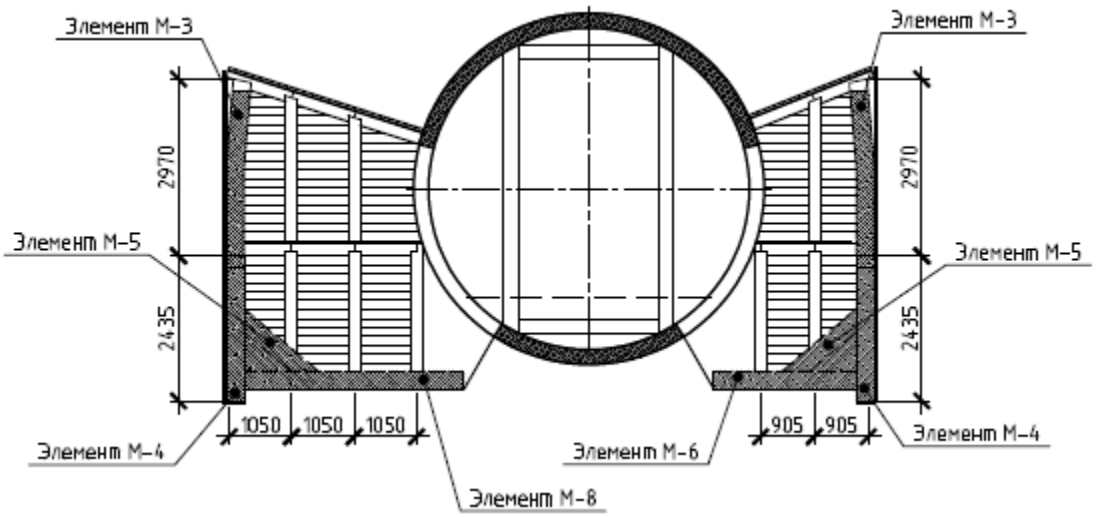


Рисунок 2.24 – Демонтаж ж/б кольца, 2 этап

3 этап. Демонтируем кольца обделки. Разрабатываем грунт, устанавливаем элементы так же как на 1 и 2 этапе.

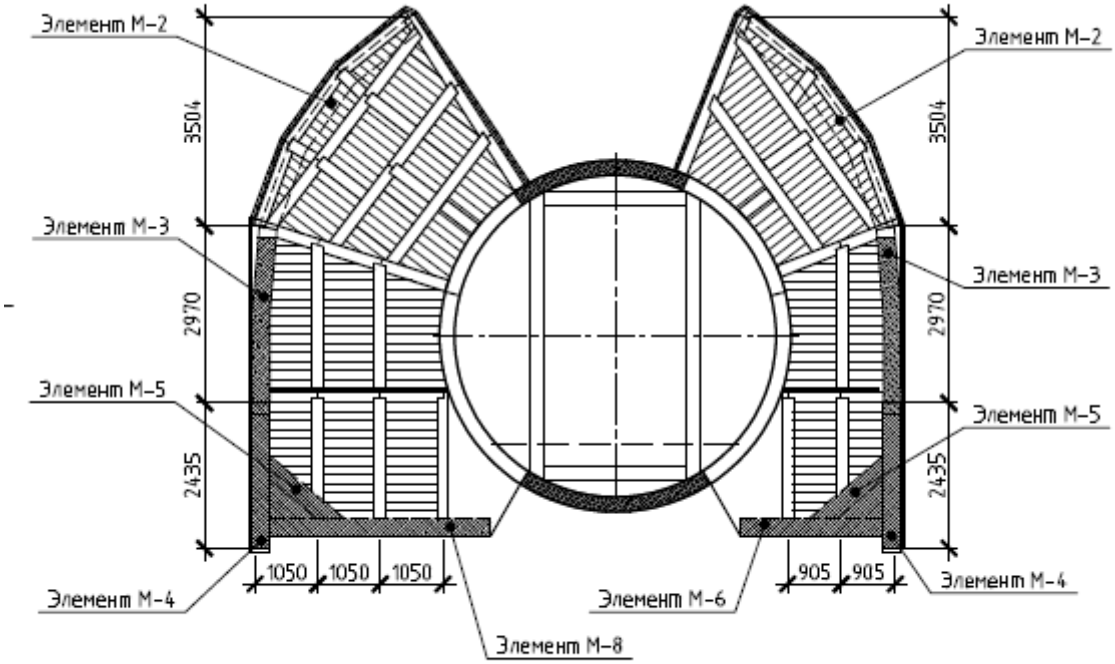


Рисунок 2.25 – Демонтаж ж/б кольца, 3 этап

4 этап. Из разработанного на 3 этапе пространства выполняем разработку грунта над тоннелем с установкой временного деревянного крепления. После разработки на полное сечение, устанавливаем элементы М-1 первой и второй арки, набираем опалубку, бетонируем обделку.

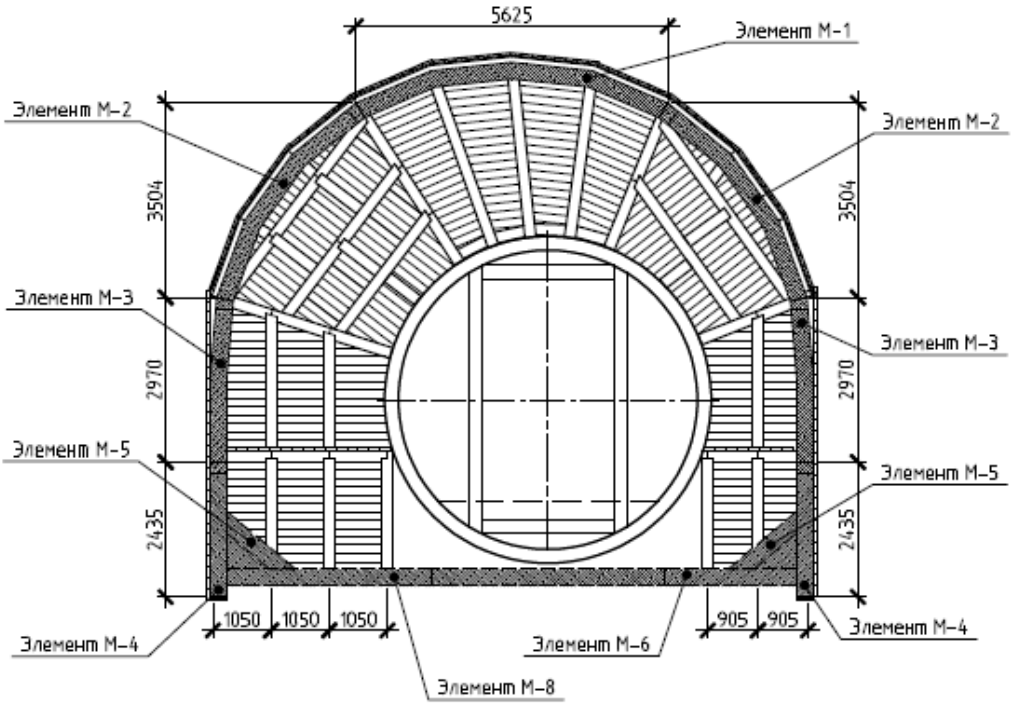


Рисунок 2.26 – Демонтаж ж/б кольца, 4 этап

5 Этап. После возведения аркобетонной крепи прорезного кольца, выполняем разработку свода демонтажной камеры в пределах железобетонной обделки. Устанавливаем временное крепление в виде деревянной крепи. Последовательно устанавливаем элементы сводовых, полусводовых сегментов арки и производим их бетонирование. Установка сводовых элементов выполнить при помощи анкеров длинной 2.5 м. Длинна анкеров выбрана с учетом цементации над контуром демонтажной камеры. Выполняем бетонирование лба забоя и основания из бетона марки В15 для установки станка Буровой установки. Далее выполняем работы по химическому закреплению грунтов.

6 этап. Разрабатываем штольню из буровой камеры на всю длину демонтажной камеры. Устанавливаем деревянную крепь с опиранием на обделку тоннеля далее опирание на оболочку ТПК.

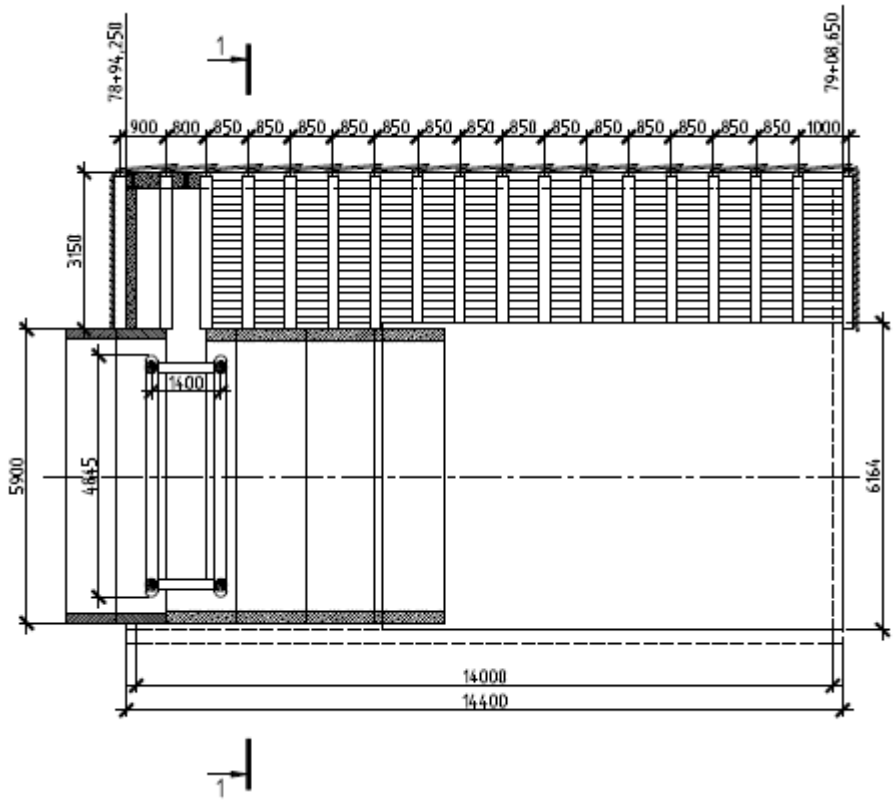


Рисунок 2.26 – Разработка камеры на полное сечение

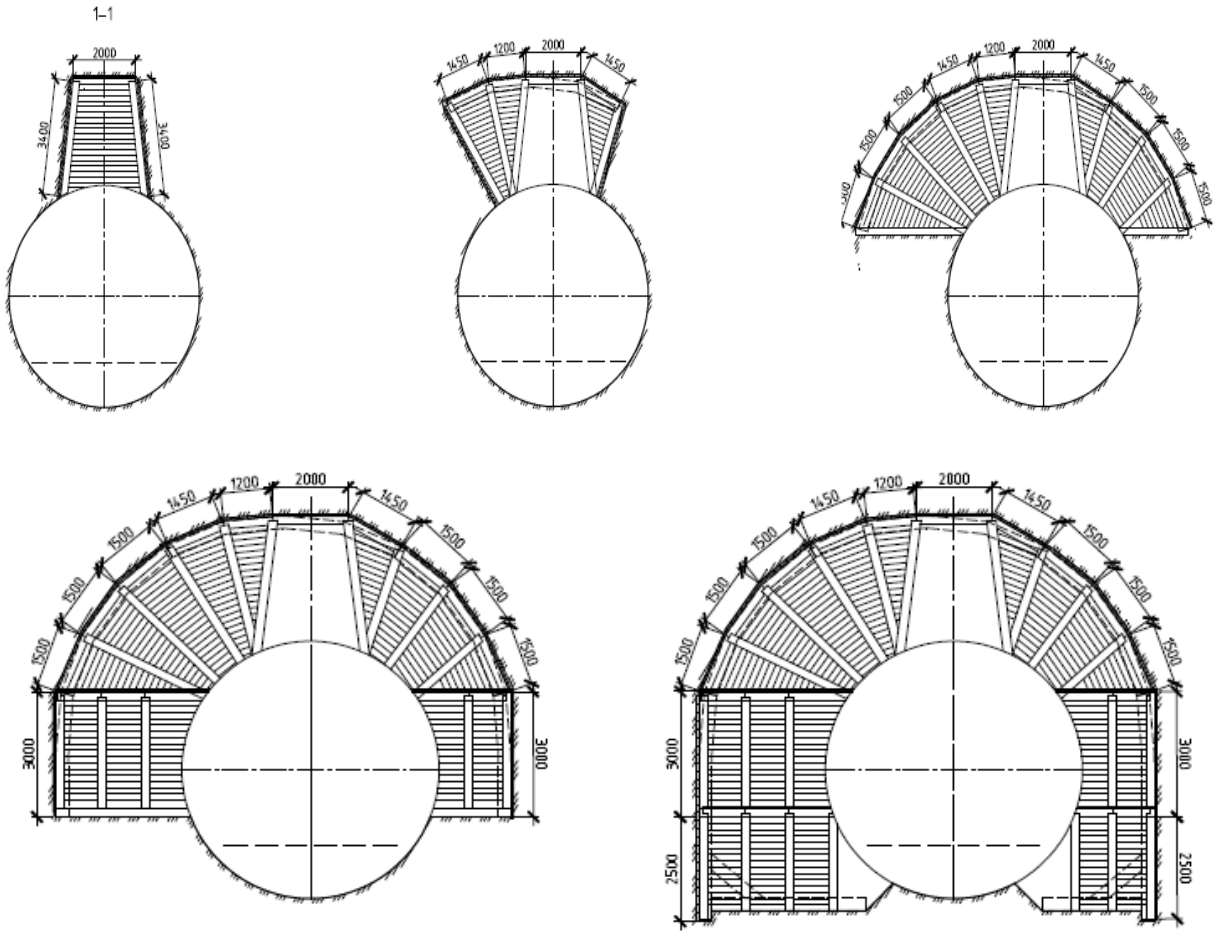


Рисунок 2.27 – Поэтапная схема раскрытия контуров демонтажной камеры.

2.7 Схема бетонирования и установки элементов крепи.

Бетонирование производим при помощи установки SKC-30, бетонная смесь доставляется по ППТ со станции “Высотная”. Разрабатываемый грунт вывозить на вагонетках шахтных. Для транспортировки используеется дизелевоз “SCHOMA”.

В случаи водопритока в забое сооружаем зумф с установкой насосов с перекачкой воды по трубопроводам в водоотливную систему тоннеля.

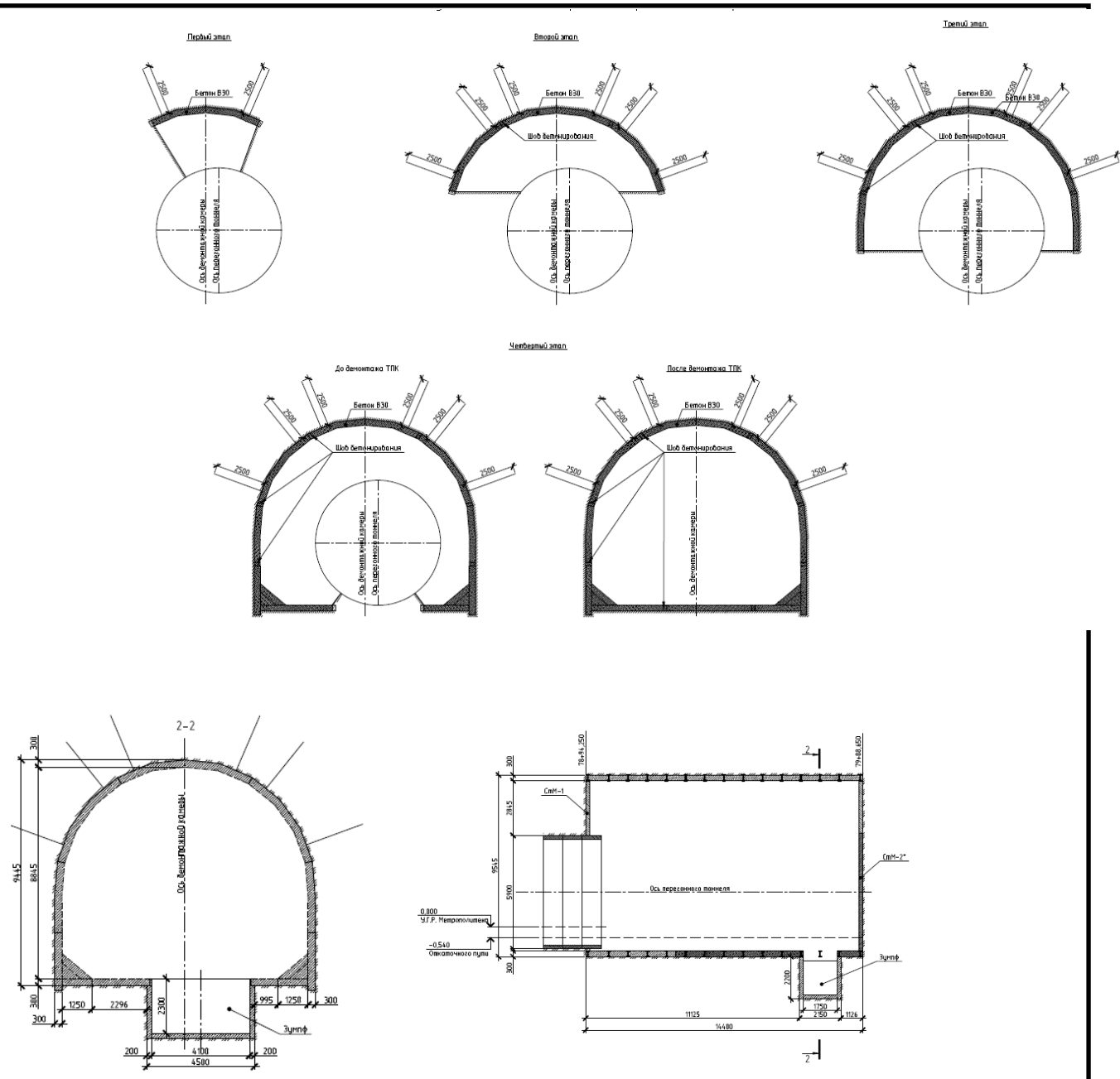


Рисунок 2.28 – Этапы установки и бетонирование аркобетонной крепи

Основные достоинства способа состоят в отказе от одновременной разработки больших участков сечения тоннеля, разделении его на мелкие элементы с целью уменьшения осадок, непрерывности возведения обделки стен и свода, а также в низкой стоимости разработки центрального ядра с применением высокопроизводительных механизмов при широком фронте работ.

Недостатки способа является его большая трудоемкость и скорость строительства.

2.8 Специальная часть дипломного проекта

Анализ практики применения ТПК «Lovat»

2.8.1 Краткая характеристика проходческих щитов

История проходческих щитов началась в позапрошлом веке в Англии. Первый щит был построен инженером Брюнелем для прокладки тоннеля под Темзой.

Чтобы понять устройство современных щитовых проходческих комплексов, сначала разберемся, откуда пришло само понятие "щит/.Щитом (от англ. "shield") это устройство стали называть потому, что основной задачей была защита проходчиков в забое от обрушения породы на коротком участке между забоем и местом, где постоянная обделка тоннеля уже готова. Постепенно, конструкции щитов усложнялись - от просто замкнутой стальной конструкции (кстати, первые щиты вовсе не были круглыми), до современных сложнейших тоннелепроходческих комплексов.

На первых щитах грунт в забое выбирался рабочими вручную с помощью лопаты, кирки, позже отбойного молотка, и удалялся через построенный тоннель на вагонетках. Для продвижения щита вперед использовались винтовые домкраты, которые упирались в готовый участок тоннельной обделки и толкали щит вперед. Впоследствии, вместо винтовых домкратов стали применяться гидравлические. Это был уже колоссальный шаг вперед, значительно повысивший скорость проходки. Мощные домкраты и сейчас остаются одним из основных узлов современных проходческих комплексов. Следующим шагом стало почти повсеместное использование сборной обделки из крупных элементов - первоначально - чугунных тюбингов. Такая конструкция обделки обладает рядом замечательных качеств - помимо способности выдерживать гигантское давление и герметичности, немаловажным является именно возможность сборки кольца из небольшого количества крупных элементов. Использование механизмов, позволяющих сразу устанавливать тюбинги в требуемое положение (тюбингоукладчиков), значительно повысило скорость возведения обделки.

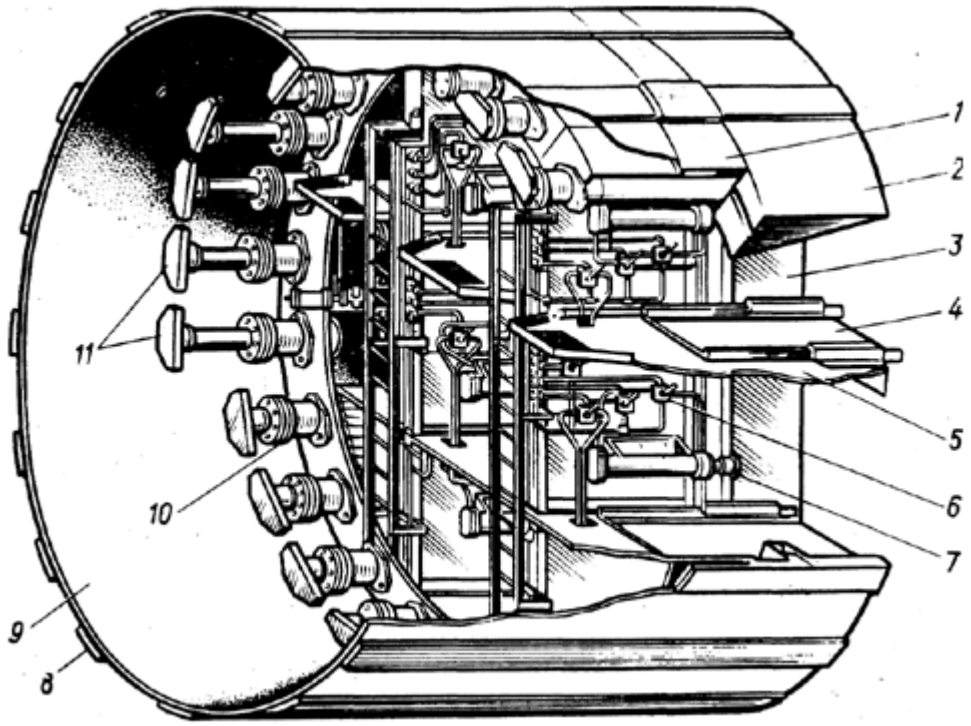


Рисунок 2. 29– Частично механизированный проходческий щит

В водонасыщенных грунтах работа зачастую шла с применением кессона. Тоннель позади щита перегораживался герметичной переборкой, устанавливался шлюз для прохода людей к забою. Компрессором в забой нагнетался сжатый воздух. Повышенное до нескольких атмосфер давление позволяло буквально отжимать воду в глубину породы и исключало ее поступление в забой. Однако работа проходчиков при высоком давлении накладывала серьезные ограничения - продолжительность смены была не более 2-х часов, потом проводилось длительное шлюзование. Часто у строителей возникала кессонная болезнь, требовавшая многочасового нахождения в барокамере.

Так как размеры тоннелей все время росли, в передней части щита появились горизонтальные площадки, которые позволили рабочим разрабатывать грунт одновременно с двух (а иногда и более) ярусов. Однако скорость проходки все равно была очень невысокой из-за большого количества ручного труда, стесненности пространства, нередких аварий, выбросов породы и прорывов грунтовых вод в забой. Первый в СССР проходческий щит работал при строительстве тоннеля на перегоне "Площадь Дзержинского" ("Лубянка") - "Охотный ряд". Там впервые в мире была применена сборная бетонная обделка.

При строительстве второй очереди на трассах одновременно работало 42 щита - это абсолютный мировой рекорд. Щитовыми комплексами большого диаметра строились и станционные тоннели.

Для проходки в песчаных грунтах щиты стали оснащаться в головной части горизонтальными рассекающими площадками, удерживающими забой от осыпания Такой щит вдавливается в породу домкратами, грунт ссыпается вниз и собирается погрузчиком.

Следующим шагом стало практически полное исключение ручного труда, за счет механизации процесса разработки породы в забойной части. Как правило, на оси щита устанавливается мощный стальной ротор с резцами, который разрабатывает породу в забое. Дальше порода подается на конвейер, откуда пересыпается в вагонетки и вывозится по уже построенному тоннелю. Существуют щиты и с ковшовым рабочим органом - для более мягких пород.

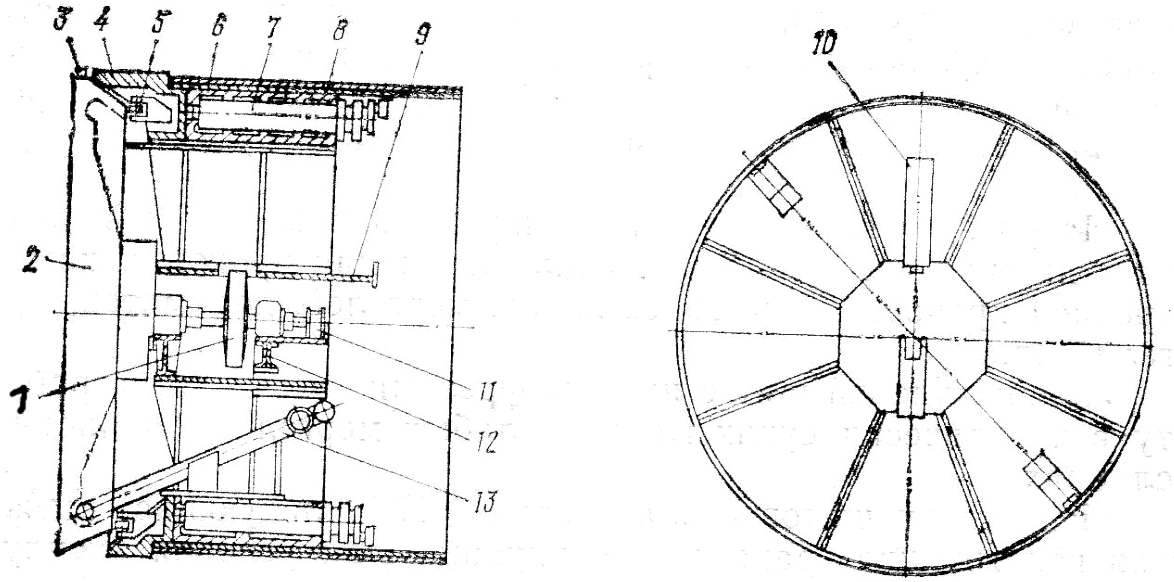


Рисунок 2.30 – Щит с дисковым роторным исполнительным органом

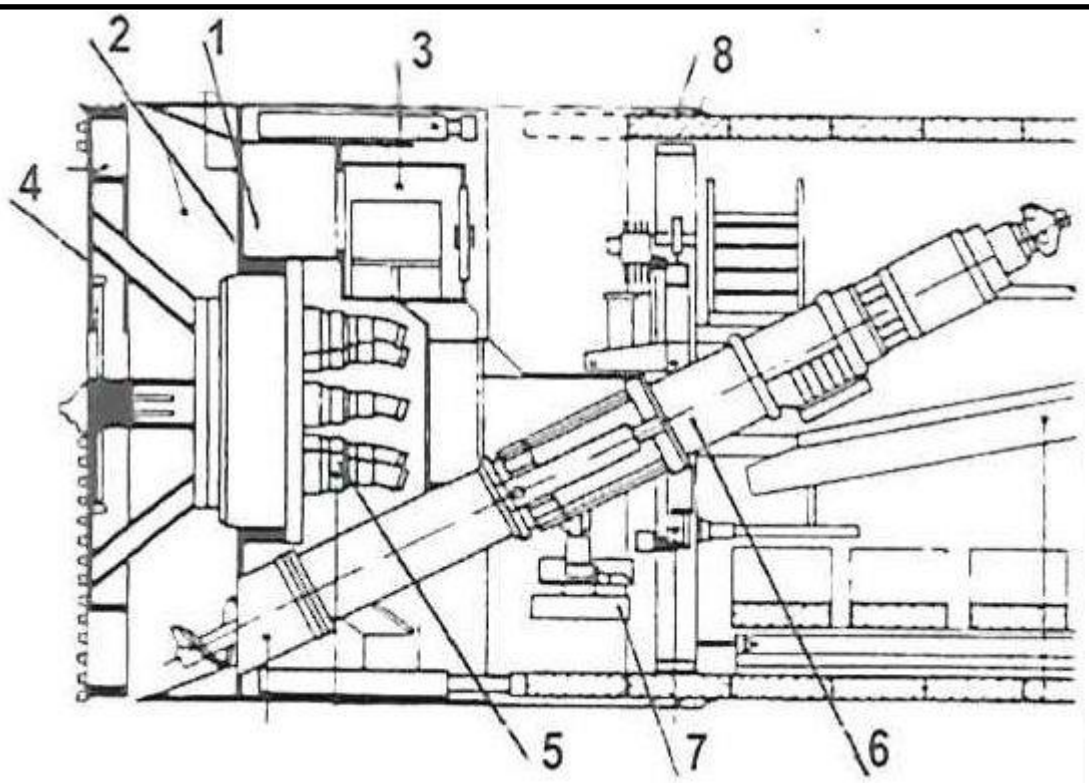
Впервые в СССР опытный механизированный щит работал в 1949 году на строительстве Кольцевой линии в Москве и построил несколько сотен метров тоннеля на участке "Киевская" - "Парк Культуры". Широкое применение механизированных щитов началось со второй половины 50-х в на Рижском радиусе (механизированный щит т.н. московской конструкции), в Ленинграде по всей трассе (т.н. ленинградский щит) и в Киеве (соответственно, киевский щит). Разная конструкция обуславливалась разными грунтами: в Москве - "бутерброд" из известняков/юрских глин/сухих супесей и суглинков, в

Петербурге - плотные сухие кембрийские глины, в Киеве - мягкие пластичные глины.

Для проходки в сложных водонасыщенных грунтах стало применяться кессонирование (работа под давлением сжатого воздуха) забойной части. Труд проходчика превратился в квалифицированную работу оператора. Современные средства навигации - гироскопы и лазерные теодолиты позволяют щиту точно выдерживать проектные значения трассы, как в плане, так и в профиле. Ручной труд сохранился только при необходимости замены изношенных резцов. Мировой рекорд скорости проходки - 1250 метров тоннеля в месяц - поставлен серийным щитом КТ-1-5,6 на участке строительства перегонного тоннеля в Ленинграде на участке от "Пионерской" до "Удельной" в 1981 году. В 70-х - 80-х годах эти щиты считались одними из самых совершенных в мире.

При сооружении тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах требовалось применение сложных специальных методов - водопонижение, замораживание грунта, что значительно снижало скорость и увеличивало стоимость строительства. Все больше ужесточались требования, случавшиеся в прошлом просадки поверхности ныне недопустимы, ведь вблизи поверхности земли пролегла огромнейшая сеть водо- и газопроводов, электрических кабелей, линий связи, обеспечивающих жизнь крупного города.

Всех этих недостатков лишены щиты с так называемым "грунтопригрузом" (EPB, Earth Pressure Balance).



1- вход в камеру грунтопригруза; 2-камера грунтопригруза; 3-кессонная камера; 4-ротор ; 5-электродвигатель; 6-шнековый конвейер; 7-блокоукладчик; 8-оболочка щита.

При работе щита разрабатываемая порода подается сначала в герметичную камеру грунтопригруза. Из этой камеры грунт удаляется с помощью шнекового конвейера (как в мясорубке) только тогда, когда его давление в камере сравняется с давлением в забое, за этим следят специальные датчики. Таким образом, обеспечивается постоянное поддержание давления на забой, как при движении щита вперед, так и при отводе щитовых домкратов для монтажа очередного кольца обделки.

Сегодня тоннели строятся в самых сложных инженерно-геологических условиях. В плывунных неустойчивых грунтах, при значительном давлении грунтовых вод, при недопустимости даже незначительных просадок поверхности используются проходческие комплексы с гидропригрузом ("Slurry Shield"). В таких комплексах в призабойную часть, под необходимым давлением (речь может идти о десятке атмосфер) нагнетается бентонитовый раствор, что позволяет поддерживать забой в стабильном положении даже в самых тяжелых плывунных грунтах. Разработанная порода, измельченная до состояния пульпы, отводится вместе с бентонитом по трубопроводу. В

сепарационной камере происходит отделение породы и рекультивация бентонитового раствора. Отделенный от бентонита грунт вывозится по уже построенному тоннелю, а бентонитовый раствор возвращается в камеру гидропригруза. В зависимости от условий проходки и характеристик грунтов, рецептура бентонитового раствора постоянно корректируется. В составе комплекса действует химическая лаборатория, исследующая состав грунта и вносящая соответствующие изменения в рецептуру раствора.

При необходимости проведения работ в призабойной области - замены резцов ротора и т.д. (кстати, все эти работы можно выполнять из камеры грунтопригруза, то есть, находясь "внутри" щита), бентонитовый раствор в камере гидропригруза вытесняется сжатым воздухом. Остатки бентонита в виде пленки и подушка сжатого воздуха удерживают забой, в то время как специалисты получают доступ к исполнительным органам щита.

В целях осуществления щитовой проходки в сложных инженерно-геологических условиях с минимальными осадками и с высокой точностью очень важным является тщательное и технически грамотное выполнение работ по тампонажу заобделочного пространства, по блокирующему уплотнению рыхлых или разрыхляющихся при проходке грунтов перед и вокруг щитовой машины, а также по ведению этой машины по проектной трассе. Ниже даётся описание этих технологических операций щитовой проходки.

2.8.2 Тампонаж заобделочного пространства

Целью тампонажа является заполнение специальным уплотнительным раствором заобделочного пространства, образующегося в процессе продвижения щитовой машины с целью сохранения природного напряжённого состояния грунта в этом месте и недопущения оседания грунта за щитовой машиной.

Ранее нагнетание тампонажного раствора за обделку осуществлялось только через отверстия блоков её, а в условиях отсутствия специального хвостового уплотнения — для того, чтобы тампонажный раствор не поступал в щит и тоннель, пространство строительного зазора между внутренней

поверхностью хвостовой оболочки щита и наружной поверхностью обделки плотно забивалось древесной стружкой. При этом часто нагнетание раствора производилось одновременно лишь в отверстие одного блока кольца обделки.

Все современные щитовые машины обязательно оснащаются в хвостовой части эластичным, а именно резиновым, полиуретановым или щёточным уплотнением, защищающим от проникновения в щитовую машину грунта, грунтовой воды и самого нагнетаемого за обделку тампонажного раствора. При этом нагнетание раствора делается постоянно во время продвижения щитовой машины через 4–8 отверстий по периметру кольца обделки с контролем за давлением и объёмом нагнетаемого раствора.

Немецкие специалисты считают наиболее эффективным применение в хвостовой части разработанного ими полимерного уплотнения типа 31, которое не требует специального технического обслуживания и нагнетания дорогой консистентной смазки, обязательной, например, при использовании щёточного уплотнения.

Щитовые машины с активным пригрузом забоя всё чаще стали оснащаться в хвостовой части системой продольных трубопроводов круглого или овоидального сечения, через которые в торцевое сечение оболочки под давлением подаётся тампонажный раствор

В результате этого удаётся устранять оседание даже водонасыщенного песчаного грунта.

К уплотнительному тампонажному раствору предъявляются достаточно жёсткие требования: он должен иметь текучую консистенцию при низком выделении фильтрующей воды и сохранении свойств твердения даже на период вынужденных остановок проходки.

Для приготовления тампонажного раствора используются специальные установки, располагающиеся на поверхности или в шахте и включающие силосы (бункера) для цемента, песка и других заполнителей, дозировщики, растворомешалку и трубопроводы с кранами для подачи воды.

Из шахты раствор обычно транспортируется к щитовой машине специальными вагонетками, к выходному соплу которых подключается всасывающий шланг растворонасоса. При большой длине и большом диаметре

строящегося тоннеля для доставки раствора к щитовой машине используются ёмкости с растворонасосами. Непосредственно на щитовой машине или на первой защитовой платформе устанавливается роторный распределитель, от которого раствор по шлангам или стационарным разводным трубопроводам подаётся в продольные трубопроводы, а из них — в плоскость заднего торца хвостовой оболочки щитовой машины.

В настоящее время созданы автоматизированные установки для приготовления и нагнетания тампонажного раствора за обделку.

Блокирующая стабилизация грунтов перед и вокруг щитовой машины

Грунтовые условия при проходке тоннелей бывают настолько разнообразными, что, несмотря на создание и весьма эффективное применение в течение последних 30 лет тоннельных щитовых машин с активным пригрузом забоя, достаточно часто становится необходимым и целесообразным, в том числе по экономическим причинам, выполнять как с поверхности, так и непосредственно из щитовой машины работы по стабилизации грунтов перед щитовой машиной или вокруг её.

Так при проходке тоннеля сравнительно небольшой протяжённости и при соответствующей поверхностной обстановке рациональным и экономически выгодным может быть выполнение водопонизительных работ именно с поверхности с использованием для этого иглофильтров или глубинных насосов, устанавливаемых в предварительно пробуренных скважинах, и с осуществлением самой проходки с помощью более простой и дешёвой щитовой машины без активного пригруза забоя.

Водопонижение приходится иногда применять и для снижения величины гидростатического давления в грунте даже при применении щитовых машин с грунтовым пригрузом забоя.

Способ искусственного замораживания грунтов при использовании щитовых машин с активным пригрузом забоя часто становится необходимым у мест вывода щитовой машины из стартовой шахты и ввода её в приёмную шахту.

В последние годы всё чаще стали использовать при щитовой проходке стабилизацию неплотных или склонных к разрыхлению неустойчивых, в

первую очередь песчаных, грунтов, расположенных перед или вокруг щитовой машины, через инъектора, веерообразно забуриваемые в грунт через отверстия, устроенные в герметичной диафрагме щитовой машины

Буровая машина, обычно хранящаяся на одной из платформ защитового комплекса или в шахте, при необходимости выполнения буровых работ монтируется на установочных узлах, закреплённых непосредственно на щитовом корпусе или на блокоукладчике.

Для того, чтобы уплотнить грунт непосредственно вокруг щитовой машины с целью затруднения прохождения сжатого воздуха из призабойной камеры в щит по поверхности оболочки его и через хвостовое уплотнение, нагнетание уплотняющего раствора в этой машине во время её движения производится через специальные втулки, вмонтированные в щитовой оболочке.

Ввиду того, что исправление положения тоннеля, сооружённого в сложных инженерно-геологических условиях, практически невозможно, ведение щитовой машины по заданному направлению с минимальными отклонениями является важнейшим делом.

В настоящее время направление проходки чаще всего задаётся лучом лазера, установленного сначала в стартовой шахте, а затем в тоннеле с периодическим переносом его вперёд. В створе этого луча на щитовой машине устанавливается мишень, центр которой совмещается с центром светового пятна лазерного луча.

В процессе проходки щитовая машина достаточно часто отклоняется от заданного направления с одновременным смещением центра мишени относительно центра светового пятна лазерного луча. При этом продольная ось щитовой машины поворачивается как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной. Кроме того, машина может получить крен в результате вращения её вокруг продольной оси.

Величины произошедших отклонений в плане и профиле с корректировкой на крен машины при ручном ведении щитовой машины видны оператору на простой мишени, а при полуавтоматическом ведении информация об этих отклонениях, полученная от активной мишени, отражается в численных величинах на экране монитора.

Угол поворота продольной оси машины относительно проектной оси тоннеля определяется при ручном ведении с помощью 2-й мишени, установленной перед первой мишенью на расстоянии 1,0—1,5 м, а при полуавтоматическом ведении — с использованием активной мишени, оснащённой для этого специальной оптикой.

Угол наклона машины в профиле и угол её закручивания (крен) вокруг её продольной оси определяются с помощью 2-х инклинометров, установленных в первом случае, то есть при ручном ведении, непосредственно на щитовом корпусе, а во втором — внутри активной мишени. Информация о величине углов крена и наклона в обоих случаях поступает на пульт контроля и управления, находящийся либо внутри щитовой машины, либо на одной из тележек или платформ защитового комплекса. По команде с этого пульта включаются на выдвижение соответствующие группы щитовых гидроцилиндров, и щитовая машина, продвигаясь вперёд, изменяет своё положение и направление. При выполнении щитового корпуса шарнирным по длине в исправлении положения и направления машины значительную роль могут сыграть гидроцилиндры управления, изменяющие геометрию щитового корпуса.

Для облегчения ведения щитовой машины по кривой применяются электронные теодолиты, оснащаемые оптическим лазером. Активно ведутся работы по использованию для этих целей гироскопов.

С развитием и широким применением щитовых машин с активным пригрузом забоя процесс проходки стал всё в большей степени контролироваться компьтеризированной системой, работающей в режиме реального времени.

Эта система по информации, получаемой от специально разработанных датчиков, контролирует, помимо положения и ориентации щитовой машины, процессы разработки и крепления забоя, транспорта в призабойную камеру щитовой машины бентонитовой суспензии, глинистой пасты или пены, выдачи из призабойной камеры шлама или смеси разработанного грунта с глинистой пастой или пеной, направленного расширения выработки с помощью копир-резца, тампонажа заобделочного пространства и т. п.

Параметры рабочих процессов отслеживаются непрерывно, и на базе этого срабатывает оперативная сигнализация о необходимости проведения мероприятий технического обслуживания и ремонта.

В процессе передвижки щитовой машины с суспензионным пригрузом осуществляется непрерывный контроль, с выводом информации на монитор пульта контроля и управления, за скоростью и длиной продвижения щитовой машины, за давлением подачи в призабойную камеру бентонитовой суспензии и плотностью её.

При создании в призабойной камере воздушной подушки, как это делается в щитовых машинах типа ТЩМ (СП)-Р1, ведётся контроль за давлением сжатого воздуха. Одновременно контролируется и при необходимости изменяется производительность питательного и транспортного насосов и плотность подаваемой суспензии и выдаваемого шлама.

Данные, полученные указанной системой, а именно отклонение центров переднего и заднего сечений тоннельной машины от трассы в плане и профиле, угол крена, угол наклона и азимутальный угол, отражались на экране монитора и служили базой для принятия оператором управляющих действий с целью ликвидации имеющихся отклонений машины.

Эта ликвидация производилась с использованием специально разработанной программы «Кольцо САР», позволяющей осуществлять её по рассчитываемой траектории подгона к проектной трассе на длине нескольких колец тоннельной обделки.

Стабильность забоя в процессе проходки тоннеля с использованием щитовой машины с активным пригрузом его обеспечивается лишь в случае, если давление пригруза уравновешивает или превышает давление грунтовой воды и взвешенного в воде грунта.

В связи с тем, что инженерно-геологические условия по трассе тоннеля чаще всего изменяются, перед началом проходки производится расчёт контрольных величин необходимого пригруза для характерных сечений с различными условиями.

Существующие методики этого расчёта базируются на рассмотрении предельного равновесия грунтового тела потенциального скольжения,

образующегося перед щитовой машиной и стремящегося под действием некоторой вертикальной нагрузки сдвинуться внутрь призабойной камеры, заполненной бентонитовой суспензией или интенсивно перемешанным разработанным грунтом, в том числе предварительно кондиционированным с помощью глинистой пасты или пены.

Эта нагрузка по одной методике создаётся в виде веса массы грунта, расположенной под разгружающим сводом, а точнее под куполом, возникающим над телом скольжения, а по другой — в виде веса столба грунта, частично удерживаемого силами трения, возникающими по его поверхности при оседании этого столба.

Для расчёта контрольной величины пригруза на забой щитовых машин типа ТЩМ (СП)-Р2 применяются, в частности, методики, разработанные французской фирмой «Кампенон Бернард» и НИЦ ТМ ОАО ЦНИИС и по некоторым исходным положениям отличающиеся друг от друга.

Расчёт величины пригруза с использованием этих методик и в частности давления бентонитового пригруза на уровне шелыги свода и давления воздуха в воздушном компенсаторе, то есть в пространстве между герметической диафрагмой и погружной стенкой высотой 8 м щитовой машины, был проделан по обоим методикам для 10-ти сечений трассы Лефортовского тоннеля, сооружённого с помощью щитовой машины диаметром 14,14 м фирмы «Херренкнехт».

По методике фирмы «Кампенон Бернард», расчётные величины давления пригруза в шелыге свода при изменении глубины заложения верха тоннеля от 7 до 28 м (с учётом коэффициента запаса, равного 1,5) изменялись от 0,96 до 2,7 кг/см², а по методике НИЦ ТМ — от 1,4 до 2,4 кг/см². В действительности величины давления пригруза в шелыге составляли от 0,75 до 2,5 кг/см², а величины давления воздушной подушки на суспензию, находящуюся на расстоянии 7,5 от шелыги свода, — от 1,6 до 3,6 кг/см², то есть расчётные величины пригруза корректировались с учётом опыта сотрудников французской фирмы «Vinci» («Винчи»), отвечающей за технологию проходки Лефортовского тоннеля.

Для щитовых машин с грунтопригрузом японская фирма «Мицубиси»

рекомендует определять контрольную величину равномерно распределённого пригруза равной гидростатическому давлению грунтовой воды на уровне горизонтального диаметра щитовой машины с добавлением некоторой постоянной величины (при диаметре щитовой машины, равном 2,67 м, рекомендовано эту постоянную величину принимать равной 0,2 кг/см²). При этом в процессе проходки контрольная величина пригруза корректируется с учётом опыта оператора, осуществлявшего проходки в различных грунтах и на различных глубинах.

При применении в составе щитового проходческого комплекса тоннельной щитовой машины с грунтовым, в частности глинисто-грунтовым, пригрузом на пульт контроля и управления во время её передвижки поступает информация об объёмах, давлении и плотности глинистой пасты, подаваемой в призабойную камеру и в шнековый конвейер, а также об объёмах и плотности грунтово-глинистой смеси, выдаваемой из шнекового конвейера. Одновременно на пульт поступает информация о скорости вращения рабочего органа и винта шнекового конвейера, а также о давлении грунта и воды на герметическую диафрагму.

Перед началом проходки участка тоннеля с одинаковыми инженерно-геологическими условиями производится расчёт контрольного давления на грунт со стороны щитовой машины и в частности её герметической диафрагмы, гарантирующего стабильность забоя. Затем эта величина корректируется с учётом возникших во время проходки явлений осадки или выпучивания грунта, а также измерений количества подаваемой в забой пасты и количества выводимой из забоя грунтово-глинистой смеси.

Компьютеризированные системы контроля и управления для проходческих комплексов, включающих тоннельные машины типа ТЩМ (ВП)-Э с воздушным пригрузом забоя, до сих пор в России не применялись. Здесь используется только специальный пульт управления, размещаемый в верхней части щитовой машины.

На этом пульте оператор постоянно наблюдает отображение следующих показателей:

✓ давление сжатого воздуха в призабойной камере;

✓ расход утечки воздуха из призабойной камеры;

✓ давление рабочей жидкости в гидромоторе шнекового конвейера;

✓ давление рабочей жидкости в группах щитовых гидроцилидров;

✓ давление нагнетания тампонажного раствора;

✓ угол крена;

✓ угол наклона в вертикальной плоскости.

Оператор, установив на мишени величины отклонения щитовой машины от заданного лазером направления с учётом показаний креномера и инклинометра, нажатием соответствующих кнопок на пульте вводит в работу определённые группы щитовых гидроцилиндров, а при необходимости, управляющие гидроцилиндры.

В щитовых машинах типа ТЩМ (ВП)-Э фирмы «Бессак» устранение крена достигается поворотом опорно-центрирующего кольца, которое размещается в задней части шарнирного корпуса и в котором закреплены задние части щитовых гидроцилиндров.

В последние годы на герметических щитовых машинах большого диаметра всё чаще стали устанавливать специальную аппаратуру, дающую возможность обнаруживать твёрдые включения, в первую очередь валуны, находящиеся за несколько метров перед щитовой машиной, а также выявлять границы слоёв различных грунтов и места разуплотнений в них.

Один из видов такой аппаратуры был применён, в частности, на щитовой машине типа ТЩМ (СП)-Р2 диаметром 14,14 м, использовавшейся при проходке вышеупомянутого Лефортовского тоннеля диаметром 13,75 м в Москве

Ультразвуковые датчики расположенные на планшайбе рабочего органа, посылают частотно-кодированные сигналы, которые отражаются от твёрдого включения или любого другого препятствия также от границ слоёв и принимаются специальными приёмниками и микрофонами . Результаты обработки полученных сигналов отражаются на экране компьютерного монитора .

Японская фирма «Тода Кэнсецу» выпускает импульсный

радиолокационный детектор, антенна которого постоянно прикреплена к планшайбе рабочего органа и непрерывно в процессе работы щитовой машины передаёт сигналы на устройство обработки данных и далее на ПЭВМ, которая выводит на монитор информацию 2-х видов:

1) изображение напластований лба забоя с идентификацией различных по плотности грунтов и сигнализацией в случае опасности разуплотнения и вывала;

2) детекцию включений крепких пород, валунов, остатков подземных сооружений, фундаментов и т. п. с опережением лба забоя на 2—3 м.

Другая японская фирма «Хадзима Гуми» разработала систему сейсмолокации крепких включений, препятствий, пустот размером от 30 см, а также литологических контактов в грунтовом массиве с опережением лба забоя на 6—10 м. Предусмотрено 2 режима локации: упругими волнами звукового диапазона и волнами Рейли, в том числе совместно.

Приёмные датчики постоянно прикреплены к планшайбе. Время исследования 1—2 мин. и до 5 мин. Результаты применения волн Рейли могут быть пересчитаны в значения физико-механических параметров грунта.

Известная японская фирма «Обаяси Гуми» создала устройство для визуального осмотра лба забоя и призабойной камеры с использованием миниатюрной видеокамеры.

2.8.3 Особенности обеспечения безопасности рабочего персонала и охраны окружающей среды

Высокий уровень механизации работ по сооружению тоннелей современными щитовыми проходческими комплексами, описанными выше, существенно улучшил условия безопасности тоннельщиков, однако одновременно он увеличил специфические опасности, которые должны учитываться при разработке защитных мероприятий и разделов по безопасности в руководствах по эксплуатации и техническому обслуживанию поставляемых на стройку щитовых проходческих комплексов.

В первую очередь к таким опасностям относятся:

✓ опасность возникновения электроогня и распространения его на

гидравлические масла;

✓ опасность поражения электротоком;

✓ опасности при шлюзовании и выполнении работ под сжатым воздухом;

✓ опасности, возникающие при перемещениях в условиях ограниченного пространства тяжёлых элементов (блоков тоннельной обделки, труб и т. п.);

✓ опасности падения и скольжения при пользовании пешеходными настилами и лестницами.

Частично мероприятия по защите от этих опасностей предусмотрены в соответствующих разделах «Правил безопасности при строительстве метрополитенов и подземных сооружений (1992 г.)» и «Правил по охране труда при производстве работ под сжатым воздухом (1980 г.)».

В некоторых щитовых комплексах последних годов выпуска для борьбы с опасностями возникновения и распространения в строящемся тоннеле пожара реализованы такие мероприятия, как устройство кабельных сетей и соединений из огнестойкого электрокабеля и использование в гидросистемах и механизмах биоразлагающихся и трудно воспламеняемых гидравлических масел и смазок, а также масел с точкой каплепадения, превышающей 180 °С.

Все щитовые машины с воздушным пригрузом обязательно оснащаются подсистемой пожаротушения, входящей в состав системы водоснабжения и включающей распылительные головки «сплинклер», брандспойт для подачи воды в призабойную камеру и брандспойт шлюзовой камеры.

Вредное воздействие на окружающую среду, которое может оказать щитовая проходка, выражается в осадках грунта, а также подземных и наземных сооружений и коммуникаций и в загрязнении разработанного грунта в случае внесения в него химических добавок, что имеет место, например, при применении пеногрунтового пригруза и производстве пенонапыления на забой в тоннельных щитовых машинах с воздушным пригрузом. Разрешение на использование таких добавок должно быть оформлено листом безопасности.

2.8.4 Выбор типа тоннельной щитовой машины

Для обоснованного выбора типа тоннельной щитовой машины, предназначающейся для проходки конкретного тоннеля или группы тоннелей в

сложных инженерно-геологических условиях, необходимо последовательно выполнить, после ознакомления с разделами 2 и 3 настоящей работы, следующие действия.

1) Рассмотреть и проанализировать геологический разрез по трассе будущего тоннеля или группы тоннелей, заключение по инженерно-геологическим условиям проходки и отчётные материалы, содержащие данные исследований физико-механических свойств грунтов, обратив особое внимание на:

а) наличие и положение слоёв водопроницаемых грунтов с выделением их на разрезе;

б) наличие и положение слоёв полускальных и скальных пород, а также глинистых грунтов полутвёрдой и твёрдой консистенции с выделением участков, где в сечении тоннеля эти слои перемежаются с мягкими (песчаными, глинистыми и илистыми) грунтами;

в) места возможного залегания валунов в сечении проходимого тоннеля с выделением этих мест на разрезе и указанием размеров этих валунов;

г) положение водоносных горизонтов и уровня воды расположенных по трассе проходки рек, проливов и водоёмов, а также величины максимального гидростатического давления грунтовой воды на уровне низа проходимого тоннеля;

д) наличие и положение мест нарушения структуры грунтов и зон карстовых проявлений;

е) наличие мест возможной встречи щитовой машины с топляками, фундаментами старых зданий и другими препятствиями.

2) Рассмотреть и указать на плане трассы и продольном разрезе размещение над тоннелем в пределах зоны обрушения наземных и подземных сооружений, парков, а также транспортных магистралей с определением и показом зон возможного выполнения с поверхности, при необходимости, работ по водопонижению, химзакреплению и замораживанию.

3) Рассмотреть специальные условия и обстоятельства будущего строительства щитовым способом с уточнением требований к устойчивости забоя и обделке тоннеля и определением величин допустимых осадок

поверхности, зданий и сооружений и допустимых воздействий на окружающую среду.

4) Выбрать тип обделки тоннеля с учётом гидрогеологических условий заложения тоннеля и стоимости её изготовления.

5) С помощью данных табл. № 1 об областях применения различных тоннельных машин наметить два возможных альтернативных типа тоннельных машин, с помощью которых может быть в заданных инженерно-геологических условиях успешно проведена проходка тоннеля или группы тоннелей.

6) По каждому намеченному типу тоннельной машины произвести расчёты возможных осадок при проходке тоннеля, а также сроков и стоимости строительства.

7) На основе расчётов, проведённых по каждому намеченному для сравнения типу щитовой тоннельной машины, а также перспектив их дальнейшего использования определить наиболее приемлемый для применения тип тоннельной машины с учётом следующих положений, выработанных в результате анализа мирового опыта применения щитовых машин с активным пригрузом забоя:

а) щитовые машины с суспензионным и грунтовым пригрузом практически применяются во всём диапазоне грунтовых условий, встречающихся при щитовой проходке, начиная от водонасыщенных рыхлых песков и заканчивая крепкими скальными породами, в том числе при смешанном в любой комбинации забое, причём наиболее эффективно применение машин с суспензионным пригрузом в песчаных и песчано-глинистых грунтах, а машин с грунтовым пригрузом — в неустойчивых связных грунтах, в первую очередь — в илистых грунтах, пластичных супесях, а также в мягкопластичных суглинках и глинах; во всех других грунтах для достижения необходимой эффективности проходки должны приниматься дополнительные меры, такие как изменение плотности глинистой суспензии при применении щитовых машин с суспензионным пригрузом и нагнетание в забой глинистой пасты высокой плотности или пены при использовании щитовых машин с грунтопригрузом.

Примечание. По данным Международной Тоннельной Ассоциации, в

Японии в 1994 г. удельный вес объектов, строившихся в илисто-глинистых грунтах щитовыми машинами с грунтопригрузом, составил 71 % (в том числе 43 % с использованием глинистой пасты), а машинами с суспензионным пригрузом — 19 %; в песках соответственно эти цифры составляли 57 % (48 %) и 34 %, в гравелистых грунтах — 78 % (68 %) и 10 %, а в мягких скальных и полускальных породах — 36 % (26 %) и 24 %;

б) щитовые машины с суспензионным пригрузом по сравнению с машинами с грунтопригрузом лучше поддаются ведению по заданному направлению; в них легче и оперативней осуществляется регулировка величины пригруза забоя, особенно при использовании воздушной подушки, быстрее и проще обеспечивается доступ в рабочую камеру, например, для замены резцов, создаются более благоприятные условия труда рабочего персонала в связи с отсутствием контакта в тоннеле с разработанной породой, которая может быть загрязнена;

в) щитовые машины с суспензионным пригрузом более пригодны, чем машины с грунтопригрузом для проходки в водонасыщенных грунтах при высоком гидростатическом давлении, так как в последних трудно поддерживать постоянное давление грунтовой воды в забое при открытиии затвора шнекового конвейера.

Примечание. По данным Международной Тоннельной Ассоциации, в Японии в 1994 г. удельный вес объектов, строившихся в водонасыщенных грунтах при гидростатическом давлении до 1 атм. щитовыми машинами с грунтопригрузом, составил 71 % (в том числе 57 % с использованием глинистой пасты), а машинами с суспензионным пригрузом — 14 %. При гидростатическом давлении в пределах 1—2 атм. эти цифры соответственно составляли 63 % (38) и 27 %, а при давлении свыше 2-х атм. − 47 % (36 %) и 47 %;

г) при частом появлении в забое щитовой машины с суспензионным пригрузом валунов и грубого гравия в ней должна быть обязательно предусмотрена установка в рабочей камере камнедробилки, а для успешной проходки в глинистых налипающих грунтах — установка рыхлителей, смесителей и водяных насадок; при наличии на трассе проходки больших

валунов шнековый конвейер щитовой машины с грунтопригрузом должен быть оснащён винтом ленточной конструкции;

д) принятию решения о применении щитовой машины с суспензионным пригрузом должны предшествовать рассмотрение вопроса о наличии на шахтной площадке необходимой площади для размещения достаточно дорогой сепараторной установки необходимой производительности и подъездных путей, а также предварительная проверка сепарационной способности разрабатываемых при проходке грунтов (указанные вопросы практически полностью снимаются при применении щитовых машин с грунтопригрузом, так как для транспортировки разработанного грунта могут использоваться обычные средства внутритоннельнго транспорта);

е) при применении щитовых машин малого сечения с грунтопригрузом, особенно при значительном гидростатическом давлении, целесообразно выдавать грунт по тоннелю и на поверхность по трубопроводам с помощью насосов, для чего грунт предварительно должен обрабатываться пластификатором;

ж) щитовые машины с воздушным пригрузом наиболее целесообразны к использованию для проходки тоннелей диаметром не более 5,5 м в грунтах с низкой проницаемостью. В то же время их успешное и экономичное применение возможно во всех видах песчаных и даже в гравийных грунтах, в том числе с валунами, при наличии над тоннелем слоя водонепроницаемого или слабо проницаемого грунта.

1) Высокая фильтрация воздуха через забой может быть существенно снижена путём набрызга на него бентонитовой суспензии.

2) При наличии по трассе проходки грунтов с примесью растительных остатков и заторфованных грунтов щитовые машины с воздушным пригрузом, особенно при открытом забое, применять не рекомендуется из-за опасности возникновения пожара в рабочей камере машины.

з) При неоднократном изменении грунтовых условий по трассе тоннеля значительной протяжённости тип щитовой машины должен выбираться для условий, имеющих место на большей части длины тоннеля, при этом должна быть рассмотрена техническая и экономическая целесообразность применения

щитовой машины с комбинированным пригрузом.

С помощью тоннелепроходческих комплексов с гидропригрузом построены тоннели в самых сложных инженерно-геологических условиях, подобный комплекс "Виктория" использовался при проходке новых тоннелей через зону "Размыва" в Санкт Петербурге. В Москве тоннелепроходческий комплекс Херренкнехт диаметром 14,2 метра успешно завершил проходку автодорожного тоннеля под рекой Яузой и Лефортовским парком по трассе третьего транспортного кольца. Сейчас этот комплекс ведет проходку совмещенного авто-метротоннеля по трассе будущего Краснопресненского проспекта под Серебряноборским лесничеством.

Ричард Ловат, основатель всемирно известной фирмы LOVAT, решил, что все комплексы, произведенные его компанией, будут носить женские имена в честь покровительницы подземных работ Святой Барбары. С его легкой руки берет свое начало романтическая традиция. Теперь красивые имена есть не только у щитов с маркой "LOVAT" но и у комплексов других производителей. Поэтому в Москве трудятся "Клавдия", "Катюша", "Полина" и "Ольга", в Казани - "Сююмбике" и "Алтынчяч" (Златовласка), а тяжелейшие условия "Размыва" в Санкт Петербурге героически преодолела "Виктория".

Здесь мы охватили лишь небольшую часть из огромного количества щитовых проходческих комплексов. Существуют щиты для сооружения тоннелей с монолитной прессобетонной обделкой, щиты для обделки, разжимаемой в грунт, щиты для строительства тоннелей из труб, микрощиты и даже щитовые комплексы для открытого способа работ!

Инженерная мысль не стоит на месте и сегодня строятся комбинированные тоннелепроходческие комплексы, которые могут работать в режиме как гидро- так и грунтопригруза, для более полного соответствия геологическим условиям, встречающимся на трассе тоннеля.

3 ВЕНТИЛЯЦИЯ

Тоннельный воздух, в котором находятся или могут находиться люди, должен содержать не менее 20% кислорода и не более 0,5% углекислого газа по объёму. Содержание метана в свежей струе, поступающей для проветривания выработки, не должно превышать 0,5%, а в исходящей струе – 1,0%. Содержание других газов и паров не должно превышать предельно допустимых концентраций.

Поддержание требуемого состава тоннельной атмосферы осуществляется путём проветривания. Действующие выработки проветриваются за счёт тоннельной депрессии, а забои притоннельных объектов, находящиеся в процессе проходки при длине более 10 м путём принудительного проветривания с использованием вентиляторов местного проветривания и вентиляционных трубопроводов. Время проветривания не должно превышать 30 мин.

3.1Выбор способа и схемы подачи воздуха в забой

В зависимости от схемы движения свежего и загрязнённого воздуха выделяют нагнетательный, всасывающий и комбинированный способы проветривания При нагнетательном способе проветривания свежий воздух подаётся по вентиляционному трубопроводу, прокладываемому по всей выработке, а загрязнённый вытесняется из призабойного пространства и движется непосредственно по выработке.

Конец трубопровода должен отставать от забоя не более чем на 10 м. Основным достоинством этого способа является то, что свежий воздух из трубопровода поступает непосредственно к забою, где работают люди. Трубопровод работает под избыточным внутренним давлением, поэтому могут использоваться как жёсткие, так и мягкие вентиляционные трубы. Нагнетательный вентилятор устанавливается на расстоянии не менее 10 м от

устья проветриваемой выработки. При несоблюдении этого условия может происходить рециркуляция (частичное всасывание загрязнённого воздуха в вентиляционные трубы). Если нагнетательный вентилятор устанавливается на сквозной струе основной выработки, то для исключения рециркуляции необходимо также, чтобы подача вентилятора не превышала 70% от количества воздуха, протекающего по основной выработке.

Для подземных выработок нагнетательный способ проветривания считается эффективным при длине выработки до 300 м.

Недостатком нагнетательного способа является то, что удаляемые из призабойной части выработки газы, образующиеся при взрывных работах, распространяются по всей длине выработки. Это исключает выполнение каких-либо работ в выработке до окончания её проветривания.

При всасывающем способе проветривания по всей выработке прокладывается трубопровод, по которому из забоя отсасывается загрязнённый воздух.

Конец трубопровода должен отставать от забоя не более чем на 8 м. Трубопровод работает под избыточным внешним давлением, поэтому могут использоваться только жёсткие вентиляционные трубы. Всасывающий вентилятор устанавливается по направлению основной вентиляционной струи и на расстоянии не менее 10 м от устья проветриваемой выработки. Всасывающий способ не может применяться в выработках, опасных по взрыву газа или пыли.

При комбинированном способе проветривания по всей выработке прокладывается трубопровод, по которому из забоя отсасывается загрязнённый воздух, а в призабойной зоне размещается дополнительно трубопровод для подачи к забою свежего воздуха. Нагнетательный вентилятор устанавливается за пределами зоны, загрязняемой вредными газами и пылью при взрывных работах. Протяжённость этой зоны определяется расчётом в зависимости от массы и свойств применяемого ВВ, а также от площади поперечного сечения выработки. Для локализации газов в призабойной зоне в выработке устанавливают поперечную перемычку.

Комбинированный способ особенно целесообразен для проветривания

протяжённых выработок с большой площадью поперечного сечения. Но, как и всасывающий, он не может применяться в выработках, опасных по взрыву газа или пыли.

Для проветривания горных выработок в процессе их проведения применяют осевые (ВМ) и центробежные вентиляторы (ВЦ). Осевые вентиляторы более компактны, при их установке в выработке не возникает необходимости в её расширении или сооружении специальных камер. Однако вентиляторы ВМ создают меньший напор и менее производительны, чем вентиляторы ВЦ.

Вентиляторы ВЦ используют при проветривании стволов и протяжённых выработок большого сечения [10].

Основными аэродинамическими параметрами вентиляторов являются подача, давление (напор) и мощность. Основные характеристики вентилятора местного проветривания приведены в таблице.3.1.

Исходя из условий проведения выработки принимаем нагнетательный способ проветривания.

Таблица 3.1 – Характеристики вентиляторов местного проветривания

Марка вентилятора	Диаметр рабочего колеса, мм	Подача воздуха, $м^3$/мин		Давление, Па		Мощность двигателя, кВт
		мини-мальная	макси-мальная	мини-мальное	макси-мальное	
Осевые вентиляторы с электрическим приводом						
ВМ-3М	300	42	100	400	1000	2,2
ВМ-4М	400	50	155	700	1450	4,0
ВМ-5М	500	95	270	600	2120	11,0
ВМ-6М	600	140	480	750	3400	24,0
Осевые вентиляторы с пневматическим приводом						
ВМП-3М	300	30	100	400	1200	2,0
ВМП-4М	400	45	100	400	2200	5,0
ВМП-5М	500	70	270	800	2200	9,0
ВМП-6М	600	120	480	600	2900	24,0
Центробежные						
ВЦПД-8	800	300	1320	2500	9200	125,0
ВЦО-6	600	50	462	2600	6000	50,0
ВЦ-7	750	84	660	1000	10800	75,0
ВЦП- 16	1600	560	2790	2000	9400	150,0

На горных работах широко применяются гибкие вентиляционные трубы (типа М), изготовленные из специальной хлопчатобумажной ткани с двусторонним резиновым покрытием. Промышленностью выпускаются

также гибкие трубы на основе капроновой ткани, комбинированной ткани (лавсана с хлопком) с покрытием резиной или полихлорвинилом.

Эти трубы имеют диаметр 300, 400, 500, 600 и 800 мм и выпускаются звеньями длиной 5, 10 и 20 м. Для стыковки звеньев в их концы вмонтированы стальные разрезные пружинные кольца, которые вставляются один в другой, обеспечивая плотный стык. Трубы из прорезиненной ткани удобны при транспортировке, и они дешевле металлических.

Металлические трубы свариваются из листа толщиной 2-2,5 мм. Они выпускаются диаметрами 500, 600 и 800 мм. Длина труб 2,5м (при диаметре 500 мм) или 3,5 м (600 и 800 мм). Металлические трубы соединяются между собой в вентиляционный трубопровод с помощью фланцев и болтов или поясов. Герметичность обеспечивается путём использования резиновых прокладок. Исходя из условий проведения выработки принимаем гибкие трубопроводы (воздуховоды) диаметром 800 мм.

3.2Расчёт параметров процесса проветривания и выбор вентилятора

Количество воздуха для проветривания демонтажной камеры при её проходке рассчитывается в обязательном порядке по всем факторам, присущим условиям проведения выработки. Расчёт ведётся по следующим факторам:;; по числу людей, одновременно находящихся в выработке (по людям); по разбавлению газов образующихся при использовании на проходке самоходного оборудования с двигателями внутреннего сгорания (по выхлопам ДВС); по тепловому фактору и пр. Расчёт количества воздуха.

Расчёт количества воздуха по людям. Расчёт ведется на наибольшее число людей в забое:

$$Q_{чел} = 0{,}1 \cdot n, м^3 / с \qquad (3.1)$$

где 0,1 – норма подачи воздуха на одного человека, м^3/с;

n – максимальное количество людей, одновременно находящихся в забое, чел.

$$Q_{чел} = 0{,}1 \cdot 7 = 0{,}7\ м^3 / с.$$

Количество воздуха по разжижению выхлопов ДВС (*Q*двс, м3/мин) определяют по формуле:

$$Q_{двс} = q \cdot W \qquad 3.2$$

где q – норма подачи воздуха на 1 кВт мощности ДВС, м3/мин (q=6,8); W – суммарная мощность всех двигателей внутреннего сгорания, одновременно

работающих в забое машин, кВт.

$$Q_{двс}=6,8\cdot 74,9=510,6\ м^3/мин$$

3.3Выбор вентилятора

Для надёжного проветривания тупиковой выработки необходимо выбрать вентилятор с такой производительностью и с таким напором, которые с учётом утечек в трубопроводе и его сопротивлением обеспечат подачу в забой требуемого количества воздуха.

Дебит вентилятора должен составлять:

$$Q_в = Q_{max} \cdot K_y, \qquad (3.2)$$

где Q_{max} – наибольшее из полученных значений необходимого расхода воздуха, рассчитанных по выше приведённым факторам, м^3/мин.

$$Q_в = 510,6 \cdot 0,23 = 117,4\ м^3/мин.$$

Депрессия (напор) вентилятора составляет при работе на жесткий трубопровод (*hв.ж*, Па):

$$hв.ж = Q^2в \cdot Rтр.ж/Ку.ж$$

$$h_{в.ж}=117,4^{2}\cdot 0,05/0,23=2993 Па$$

В соответствии с $Q_в = 117,4 м/с$ и $h_{в.г.} = 2993\ Па$ принимаем вентилятор ВМ-6М с мощностью двигателя 24 кВт.

Схема вентиляции

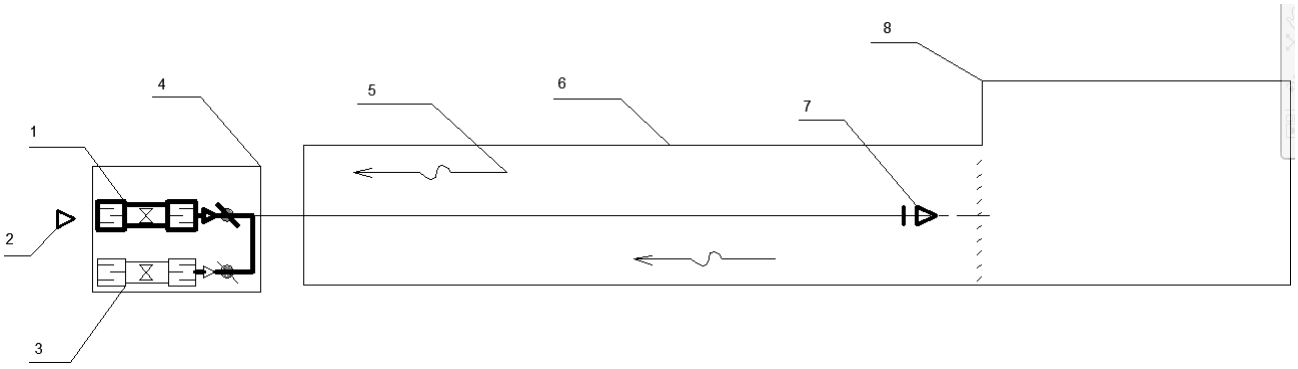


Рисунок 3.1 – Схема вентиляции

1-вентилятор 2-забор чистого воздуха; 3-запасной вентилятор;4-эстакада вентиляторной установки; 5-направление движения загрязненного воздуха;6-контур тоннеля;7-направление движения свежего воздуха;8-демонтажная камера.

4 ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Электроэнергия для нужд объекта метрополитена поступает по воздушной ЛЭП напряжением 110 кВ до подстанции находящейся на пром.площадке. На трансформаторах главной понизительной подстанции, напряжение понижается до 6 кВ, распределяется по стационарным установкам поверхностного комплекса и подаётся в подземные выработки. Часть электроэнергии, поступающей в центральную понизительную подстанцию, распределяется между подземными распределительными пунктами высокого напряжения.

Расчёт освещения перегонного тоннеля

Расчёт освещения перегонного тоннеля производится точечным методом. Норма освещённости 2 лк, принятый тип светильников РН-100, световой поток лампы 1320 лм.

Горизонтальная освещённость, лк:

$$Eг = 2 \cdot c \cdot I_a \cdot \cos^3 \alpha / K_з \cdot h^2, \text{ лк}, \quad (4.1)$$

где $K_З$ – коэффициент учитывающий старение лампы;

I_a – сила света лампы под углом а;

h – высота подвески лампы, м;

с – поправочный коэффициент на световой поток.

$$Eг = 2 \cdot 1{,}32 \cdot 65 \cdot 0{,}06 / 1{,}15 \cdot 2^2 = 2{,}3 \text{ лк}.$$

Угол наклона лучей к освещённой площади:

$a=65^o$; $\cos a=0{,}37$; $\cos^3 a=0{,}06$;

$$tga = \frac{Q}{2h} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.2)$$

$$tga = \frac{10}{2 \cdot 2} = 2{,}5$$

$$E_м > E_{\min} \quad (4.3)$$

$$2{,}5 > 2$$

Вертикальная освещённость, лк:

						ДП-130400.65.00.05-121010164ПЗ		
Изм.	Кол.у	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разраб.		Гринько В.Ю.				Строительство демонтажной камеры ТПК «Lovat RME-242» на участке от станции «Высотная» до станции «Пр. Мира» со специальной частью «Анализ практики применения ТПК «Lovat».	Стадия	Лист	Листов
Провер.		Ковалёва О.А.						84	
Н. Контр.		Зайцева Е.В.					Кафедра ШПС ИГДГГ		
Утверд.		Вохмин С.А.							

$$E_в = E_г tga \text{ лк} \quad (4.4)$$

$$E_в = 2{,}3 \cdot 2{,}5 = 5{,}75 \text{ лк}$$

Количество светильников для выработок составляет, шт:

$$N_{св} = \frac{L_в}{l} \quad (4.5)$$

$$N_{св} = \frac{14}{2} = 7$$

$$P_{уч}=7 \cdot 100 = 700 \text{ Вт.} \quad (4.6)$$

4.1Расчёт освещения демонтажной камеры

Расчёт освещённости демонтажной камеры производится методом светового потока.

Расчёт освещения демонтажной камеры.

Ширина камеры (В=11м), длина (А=14м), высота подвески светильников (h=10м).

Определим показатель освещения:

$$I = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (4.7)$$

$$I = \frac{11 \cdot 14}{10(11+14)} = 0{,}6$$

Потребный световой поток одной лампы, лм:

$$F_Л = \frac{K_з \cdot E_{\min} \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot n} \quad (4.8)$$

$$F_Л = \frac{1{,}2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 1{,}1}{0{,}11 \cdot 8} = 2700 \text{ лм}$$

где E_{min} – минимальная норма освещённости, лк;

n – число светильников, шт;

$К_З$ – коэффициент запаса;

S – площадь освещения, $м^2$;

Z – отношение средней освещённости к минимальной.

Для освещения принимаем светильник типа РН-100. Расстояние между

светильниками 4,5 метров.

Действительная освещённость составит, лк:

$$E_{действ.} = \frac{F_A \cdot n \cdot \eta}{K_з \cdot S \cdot Z} \quad (4.9)$$

$$E_{действ.} = \frac{2700 \cdot 8 \cdot 0{,}11}{1{,}2 \cdot 90 \cdot 1{,}1} = 20 \text{ лк}$$

$$E_{действ.} \geq E_{min}$$

$$20 = 20$$

Общая мощность осветительной установки, кВА:

$$P_y = P_н n \cdot 10^{-3} \quad (4.10)$$

$$P_y = 200 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 1{,}6 \text{ кВА}$$

Таблица 5.3 - Потребители энергии

Наименование потребителей	Кол-во	Мощн кВт	Устан. мощность, кВт	cosφ	tgφ	K_c	Расчётная мощность		Расход энергии	
							P_a, кВт	Q_p квар	w_a кВт·ч	w_p квар·ч
Вентилятор	1	125	125	0,83	0,81	0,9	112,5	402	300	2430
Компрессор	2	410	820	0,82	0,75	0,5	410	307,5	8669	6458
Мастерские	1	140	140	0,81	0,75	0,7	98			
АБК	1	90	90	0,82	0,76	0,7	63			
ИТОГО		**765**	**1175**				**683,5**	**709,5**	**8969**	**8888**

$$cos\varphi = \frac{\sum W_a}{\sqrt{\left(W_a^2 + W_p^2\right)}} \quad (4.11)$$

$$cos\varphi = \frac{8969}{\sqrt{8969^2 + 8888^2}} = 0{,}7$$

Мощность трансформатора ГПП без подземных потребителей:

$$S_{тр} = \frac{K_{с.ср} \cdot \sum P_y}{\cos\varphi} \quad (4.12)$$

$$S_{тр} = \frac{0{,}7 \cdot 683{,}5}{0{,}7} = 683{,}5$$

Мощность трансформатора с учётом подземных потребителей:

$$S_{тр} = S_{тр1} + S_{тр2} = 748{,}6 + (125 + 410) = 1283{,}6$$

Выбираем трансформатор по мощности, по правилам на подстанции должно быть установлено минимум два трансформатора, так как потребители первой категории.

$$K_{зм} = \frac{\sum S_{тр}}{2S_{ном}} \quad (4.13)$$

$$K_{зм} = \frac{683.5}{2 \cdot 2500} = 0{,}2$$

$$K_{за} = \frac{\sum S_{тр}}{S_{ном}} \quad (4.14)$$

$$K_{за} = \frac{1674}{2500} = 0{,}6$$

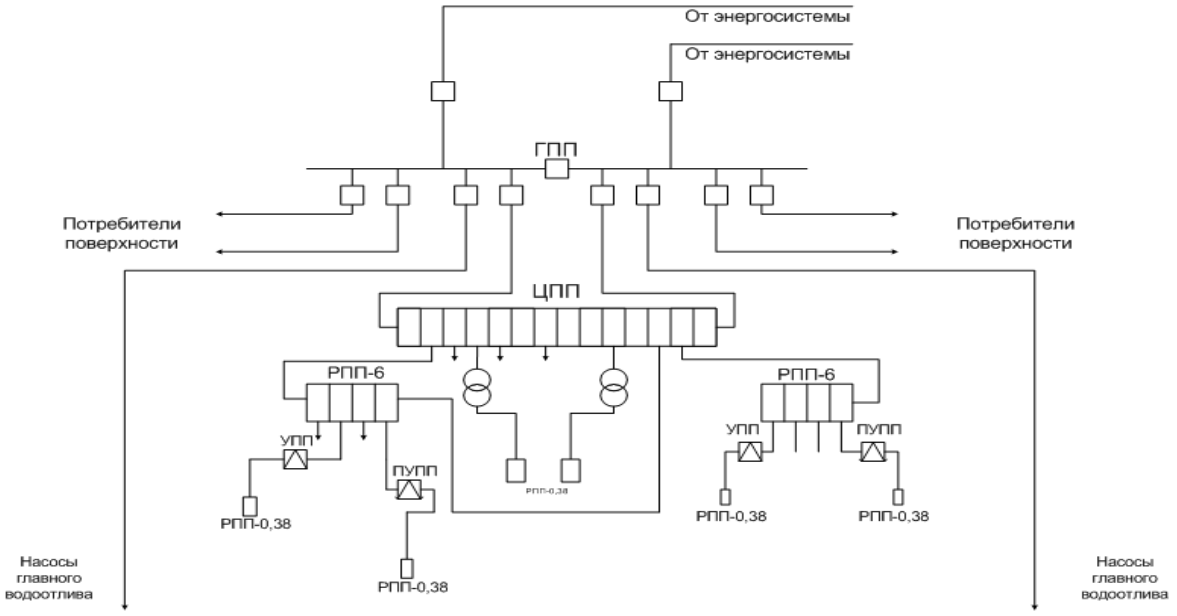


Рисунок 4.1–Схема энергоснабжения

5 ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Дизелевоз – подземный локомотив, оснащённый дизельным двигателем, снабжённый специальными катализаторами и фильтрами для очистки выхлопных газов от окиси углерода и токсических продуктов сгорания рабочей смеси, предназначенный для рельсовой транспортировки людей и грузов в шахтах, а также при строительстве метрополитенов.

Впервые дизелевозы были применены на горных выработках в начале XX века. Как правило, на дизелевозах применяется четырёхтактный дизельный двигатель с водяным охлаждением и механическая или (при большой мощности дизелевоза) гидромеханическая коробка передач, позволяющая регулировать скорость перемещения от 3 до 14 км/ч.

Дизелевоз состоит из рамы, механической части, дизельного двигателя, коробки передач, системы охлаждения дизеля, устройства для очищения выхлопных газов. Запуск дизельного двигателя производится от пневматических или гидравлических пусковых двигателей. Дизельный двигатель работает на топливе с пониженным содержанием серы. Топливная аппаратура регулируется так, чтобы происходило полное сгорание дизельного топлива в цилиндрах. Ширина колеи дизелевоза – 750 или 900 мм.

Дизелевозы выгодно отличаются от аккумуляторных электровозов большой мощностью, что позволяет перемешать составы на значительных уклонах.

Несмотря на установленные системы очистки выхлопных газов, дизелевозы всё равно загрязняют атмосферу шахты и требуют дополнительной подачи свежего воздуха из расчёта 2 м³/мин. на 1 л. с. мощности.

Дизелевозы широко применяются на шахтах в Великобритании, Бельгии, России.

Кроме дизелевозов традиционной схемы с опорой колёсных пар на

рельсовый путь, имеются монорельсовые дизелевозы.

Требования к дизелевозам нормированы документом «СТ СЭВ 4387-83 Дизелевозы подземные. Технические требования».

Дизелевозы не следует путать с тепловозами. Основные отличия:

- дизелевоз применяется в стеснённых условиях горных выработок и поэтому жёстко ограничен в габаритах;
- ввиду использования в замкнутом пространстве на дизелевозе установлена система очистки выхлопных газов.

5.1. Расчет тепловозного транспорта

Методика тягового расчета тепловозного транспорта имеет некоторые отличия от методики тягового расчета электровозного транспорта. Она включает в себя:

1) предварительный выбор типа подвижного состава,

2) определение массовой нормы поезда и числа вагонов в составе;

3) определение значений силы тяги (тормозной силы) скорости и времени движения поезда:

4) расчет тормозного пути;

5) определение расхода топлива.

Массовая норма поезда при движении по руководящему уклону устанавливается по формуле (5.1)

$$M_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{сц}}(1000g\psi - \omega'_{\text{о}} - g \cdot i_{\text{р}})}{\omega''_{\text{о}} + g \cdot i_{\text{р}}}, \qquad (5.1)$$

При трогании поезда с места – по формуле (5.2).

$$M_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{сц}}(1000g \cdot \psi_{\text{тр}} - \omega'_{\text{о}} - \omega_{\text{тр}} - g \cdot i_{\text{тр}} - 1080a)}{\omega''_{\text{о}} + \omega_{\text{тр}} + g \cdot i_{\text{тр}} + 1080a}, \qquad (5.2)$$

При этом следует иметь в виду, что удельное основное сопротивление, Н/т, движению определяется последующим формулам:

для тепловозов

ω_i, =30+0,5.υ (5.3)

для четырехосных груженых вагонов

ω_i, =32+0.4.□□, (5.4)

для шестиосных и восьмиосных вагонов

ω_i, =39+0.6.□, (5.5)

где о – длительная скорость, км/ч. Коэффициент сцепления колеса локомотива с рельсом при движении

принимается равным 0,22–024; при трогании с места – 0,28–30. Число вагонов в составе рассчитывают по формуле (5.6)

$$n = \frac{M_{\text{пр}}}{q + q_{\text{т}}} = \frac{M_{\text{пр}}}{q(1 + K_{\text{т}})}, \quad (5.6)$$

Значения силы тяги (тормозной силы) тепловоза на каждом участке в грузовом и порожняковом направлениях устанавливают по формуле (5.7).

$$F = M_{\text{сц}}(\omega'_{\text{о}} \pm g \cdot i + \omega_R) + M_{\text{пр}}(\omega''_{\text{о}} \pm g \cdot i + \omega_R), \quad (5.7)$$

Значения скорости движения локомотивосостава ,- км/ч, на каждом участке в грузовом и порожняковом направлениях при положительных значениях силы тяги определяют по формуле

$$\upsilon_i = \frac{3{,}6 N_{\text{д.д}}}{F_i} \eta_{\text{о.м}} \cdot \eta_{\text{сп}}, \quad (5.8)$$

где $N_{Д.Д}$– мощность дизельного двигателя, кВт; F,– значение силы тяги на i-м участке, Н; $\eta_{\text{о.м.}}$,– коэффициент отбора мощности, $\eta_{\text{о.м.}}$= 0,88–0,90; $\eta_{\text{с.п.}}$ – КПД силовой передачи, $\eta_{\text{с.п.}}$ = 0,68–0,72. При отрицательных значениях силы тяги локомотива (т. е. когда действует тормозная сила) скорости устанавливаются из условия обеспечения безопасности движения и принимаются равными 30–40 км/ч. Время движения локомотивосостава вычисляют по формуле (5.9)

$$t_{\text{дв}} = \sum t_{\text{гр}} + \sum t_{\text{пор}} + \sum t_{\text{р.з}}, \quad (5.9)$$

Расчет тормозного пути выполняют по формулам (5.10), (5.11), (5.12), (5.13), (5.14), (5.15), (5.16).

$$L_T = L_{пт} + L_{дт} \quad (5.10)$$

$$L_{пт} = \frac{1000 \cdot \upsilon_н \cdot t_п}{3600} = 0{,}278 \cdot \upsilon_н \cdot t_п, \quad (5.11)$$

$$L_{пт} = 0{,}278 \cdot \upsilon_н \cdot t_п + 4{,}62 \cdot 10^4 (g \cdot i \cdot \omega_о) \cdot t_п^2, \quad (5.12)$$

$$L_{дт} = \frac{41{,}6(\upsilon_н^2 - \upsilon_к^2)}{в_к + \omega_о - g \cdot i}, \quad (5.13)$$

$$в_к = 1000\varphi_к = \frac{\sum K}{M_{сц} + M_{пр}}, \quad (5.14)$$

$$\varphi_к = 0{,}78\frac{16K + 100g}{80K + 100g} \cdot \frac{100}{3{,}18\upsilon + 100}; \quad (5.15)$$

$$\sum K = \sum K_{лок} + n \cdot \sum K_{ваг}. \quad (5.16)$$

Выполняем тяговый расчет локомотивосостава, движущегося на трассе при следующих исходных данных:

тип локомотива –дизелевоз “SCHOMA”;

тип вагона – думпкар 2ВС-105,

1. Массовую норму поезда при его движении по руководящему уклону определяем по формуле 5.1.

$$M_{пр} = \frac{15 \cdot (1000 \cdot 9.81 \cdot 0.23 - 40 - 9.81 \cdot 0)}{32.8} = 103$$

2. Массовую норму поезда по условию его трогания с места рассчитываем по 5.2

3. $$M_{пр} = \frac{1000 \cdot 9.8 \cdot 0.23 \cdot - 40 - 40 - 0 - 180 \cdot 0.05}{32.8 + 40 + 40 + 1808 \cdot 0.05} = 188$$

Для дальнейших расчетов принимаем $M_{пр}$=103

Определяем число вагонов в составе

$$n = \frac{M_{пр}}{q + q_т}$$

$$n = \frac{103}{60 + 29.4} = 1.15$$

Принимаем n=1 вагон тогда масса подвижной части составляет с грузом $M_{пр}$=89.4 Т, без груза $M_{пр}$=29.4 Т

Время движения поезда по трассе

$T_{дв}=§t_{гр}+§t_{пор}+§t_{гр}=6+8+0=14$мин

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Общие сведения о ТПК

ПРОХОДЧЕСКИЙ ЩИТ (a. tunnelling shield; н. Vortriebsschield; ф. bouclier d'avancement; и. escudo) – временная передвижная металлическая призабойная крепь, под защитой которой проводятся основные процессы проходческого цикла. Впервые проходческий щит применён в 1825 при строительстве транспортного тоннеля под рекой Темза в Лондоне. Наиболее эффективно использование проходческого щита при проведении выработок в слабоустойчивых обводнённых породах.

Современные проходческие щиты имеют, как правило, круговую (цилиндрическую), реже прямоугольную, арочную и другие формы поперечного сечения. В конструкции проходческого щита различают ножевую (переднюю), опорную (основную) и хвостовую части. В ножевой части осуществляется разработка породы; в опорной – размещается оборудование и щитовые домкраты для передвижения щита. Под защитой хвостовой части производится возведение постоянной крепи выработки. Передвигаются проходческие щиты по мере выемки породы в забое чаще всего путём отталкивания от ранее установленной постоянной крепи гидродомкратами, расположенными по периметру опорной части щита. В проходческий щит могут монтироваться: механизм разработки забоя (рабочий орган); устройство для погрузки горной массы на внутрищитовой перегружатель для последующей перегрузки в вагонетки, на конвейер либо иные средства внутришахтного (тоннельного) транспорта; механизм установки постоянной, как правило, блочной (тюбинговой) крепи или подачи за опалубку бетонной смеси.

В зависимости от способа разработки забоя проходческие щиты подразделяют на механизированные и немеханизированные. К механизированным относят щиты, оснащённые различными рабочими органами, разрушающими породу (рис.), чаще всего штанговыми,

экскаваторными, планетарными, с гидромеханическим разрушением, активными горизонтальными площадками.

Применяют также специальные проходческие щиты, в т.ч. с закрытой головной частью для сооружения горных выработок в особо сложных горно-геологических условиях. Отличительная особенность немеханизированных проходческих щитов – отсутствие какого-либо специального породоразрушающего органа. В этом случае для разработки забоя используют отбойные молотки, другой ручной инструмент или заострённую головную часть щита, вдавливаемую в породную толщу.

По размерам поперечного сечения различают 3 группы щитов: малые – до 10 м^2, средние – 10-16 м^2; большие – свыше 16 м^2. Деление проходческих щитов по этому показателю в определённой степени соответствует и их классификации по назначению выработок. Малые щиты чаще всего используют при строительстве городских коллекторов (коллекторные щиты); средние – для шахтных выработок (горные щиты) и для гидротехнической целей; большие – при строительстве железнодорожных, автодорожных тоннелей и метрополитенов, капитальных выработок шахт, а также крупных гидротехнических тоннелей. На строительстве шахт в Подмосковном угольном бассейне проходческим щитом пройдено в сложных гидрогеологических условиях свыше 20 км магистральных штреков (1987). Протяжённость возводимых с помощью проходческих щитов коллекторных тоннелей в СССР, как правило, в обводнённых песчаных и глинистых породах покровных отложений около 70 км в год. Щиты используют при строительстве участков перегонных, эскалаторных и станционных тоннелей в сложных горно-геологических условиях (до 10 км в год). Средние темпы проведения коллекторных тоннелей малых размеров 70-90 м в месяц, рекордные скорости превышают 700 м/месяц. Соответствующие значения этих же показателей для больших проходческих щитов на проходке перегонных тоннелей более 60-70 м в месяц и 1240 м (готового тоннеля) в месяц (Ленинградский метрополитен).

Рисунок –6.1 – ТПК Lovat

Так как ТПК достигает внушительных размеров не только в ширину но и в высоту, а вес ротора может достигать 300 тон необходима использовать подъёмные краны с большим запасом грузоподъемности .Сегменты ротора перед началом проходки монтируются при помощи газопламенного оборудования и болтовых соединений. Элементы технических телег имеют массивные и высокие сегменты, монтаж осуществляется при помощи крана и монтажной бригады. Тоже самое происходит при демонтаже.

Из всего выше сказанного следует, что основные действия по демонтажу и монтажу ТПК включают крановые, высотные и газопламенные работы. С целью недопущения несчастных случаев и травматизма при проведении монтажных и демонтажных работ по ТПК разработаны основополагающие инструкции по технике безопасности .

6.2 Сварочные работы

Нарушение техники безопасности при проведении сварочных работ часто приводит к самым печальным последствиям – пожарам, взрывам и как следствие травмам и гибели людей.

Так же при сварке возможны следующие травмы – поражение электрическим током, ожоги от шлака и капель металла, травмы механического характера.

Для предотвращения всех этих положений важно неукоснительно соблюдать меры предосторожности:

1. Надежная изоляция всех, проводов, связанных с питанием источника тока и сварочной дуги, устройство геометрически закрытых включающих

устройств, заземление корпусов сварочных аппаратов. Заземлению подлежат: корпуса источников питания, аппаратного ящика, вспомогательное электрическое оборудование. Сечение заземляющих проводов должно быть не менее 25 м^{м2}. Подключением, отключением и ремонтом сварочного оборудования занимается только дежурный электромонтер. Сварщикам запрещается производить эти работы.

2. Применение в источниках питания автоматических выключателей высокого напряжения, которые в момент холостого хода разрывают сварочную цепь и подают на держатель напряжение 12 В.

3. Надежное устройство электрододержателя с хорошей изоляцией, которая гарантирует, что не будет случайного контакта токоведущих частей электрододержателя со свариваемым изделием или руками сварщика (ГОСТ 14651-69). Электрододержатель должен иметь высокую механическую прочность и выдерживать не менее 8000 зажимов электродов.

4.Работа в исправной сухой спецодежде и рукавицах. При работе в тесных отсеках и замкнутых пространствах обязательно использование резиновых галош и ковриков, источников освещения с напряжением не свыше 6-12 В.

5. При работе на электронно-лучевых установках предотвращение опасности поражения лучами жесткого рентгеновского (почти полное) поглощение вредных излучении, связанных с горением дуги. Особую опасность в смысле поражения глаз представляет световой луч квантовых генераторов (лазеров) так как даже отраженные лучи лазера могут вызвать тяжелое повреждение глаз и кожи. Поэтому лазеры имеют автоматические устройства, предотвращающие такие поражения, но при условии строгого соблюдения производственной инструкции операторами-сварщиками, работающими на этих установках.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Щитки изготовляют из изоляционного металла - фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ

1361-69).

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в краску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающих на стены.

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих, работающих сварщиков и вспомогательных рабочих должны применяться переносные щиты и ширмы.

Предотвращение опасности поражения брызгами расплавленного металла и шлака. Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800 град. С. при которой одежда из любой ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) из брезентовой или специальной ткани. Куртки при работе не следует вправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщики должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой.

Предотвращение отравления вредными газами и аэрозолями, выделяющимися при сварке. Высокая температура дуги (6000–8000°С) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки, покрытий, флюсов переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу цеха, конденсируются и превращаются в аэрозоль конденсации, частицы которой по дисперсности приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков. Эти аэрозоли представляют главную профессиональную опасность труда сварщиков. Количество пыли в зоне дыхания сварщика зависит главным образом от способа сварки и свариваемых материалов, но в известной степени определяется и типом конструкций. Химический состав электросварочной пыли зависит от способов сварки и видов основных и

сварочных материалов.

Существуют строгие требования в области вентиляции при сварочных работах. Для улавливания сварочного аэрозоля на стационарных постах, а где это возможно, и на нестационарных нужно устанавливать местные отсосы в виде вытяжного шкафа вертикальной или наклонной панели равномерного всасывания стола с подрешеточным отсосом и др. При сварке крупногабаритных серийных конструкций на кондукторах, манипуляторах и т. п. местные отсосы необходимо встраивать непосредственно в эти приспособления. При автоматической сварке под флюсом, в защитных газах, электрошлаковой сварке применяют устройства с местным отсосом газов.

При использовании баллонов со сжатыми газами необходимо соблюдать установленные меры безопасности: не бросать баллоны, не устанавливать их вблизи нагревательных приборов, не хранить вместе баллоны с кислородом и горючими газами, баллоны хранить в вертикальном положении. При замерзании влаги в редукторе баллона с CO2 отогревать его только через специальный электроподогреватель или обкладывая тряпками, намоченными в горячей воде. Категорически запрещается отогревать любые баллоны со сжатыми газами открытым пламенем, так как это почти неизбежно приводит к взрыву баллона.

При производстве сварочных работ на емкостях, ранее использованных, требуется выяснение типа хранившегося продукта и наличие его остатков. Обязательна тщательная очистка сосуда от остатков продуктов и 2-3-кратная промывка 10%-ным раствором щелочей, необходима также последующая продувка сжатым воздухом для удаления запаха, который может вредно действовать на сварщика.

Категорически запрещается продувать емкости кислородом, что иногда пытаются делать, так как в этом случае попадание кислорода на одежду и кожу сварщика при любом открытом источнике огня вызывает интенсивное возгорание одежды и приводит к ожогам со смертельным исходом.

Взрывоопасность существует и при выполнении работ в помещениях, имеющих большое количество пылевидных органических веществ (пищевой

муки, торфа, каменного угля). Эта пыль при определенной концентрации может давать взрывы большой силы. Помимо тщательной вентиляции для производства сварочных работ в таких помещениях требуется специальное разрешение пожарной охраны.

Предотвращение пожаров от расплавленного металла и шлака. Опасность возникновения пожаров по этой причине существует в тех случаях, когда сварку выполняют по металлу, закрывающему дерево либо горючие изолировочные материалы, на деревянных лесах, вблизи легко воспламеняющихся материалов и т. п. Все указанные варианты сварки не должны допускаться.

Чтобы было удобно работать сварщикам нужно соблюдать следующие рекомендации

1. Сборку и сварку крупногабаритных секций следует выполнять на специализированных местах, постелях, стендах, при этом должны быть обеспечены достаточные проходы с каждой стороны конструкции.

2. При сварке объемных секций на высоте необходимо устраивать леса с расположением сварочного оборудования вне рабочего места сварщика.

3. Все оборудование, которое при неисправном состоянии может оказаться под напряжением, должно иметь индивидуальное заземление с выводом к общему защитному заземлению.

4. Все сварочные установки должны находиться под наблюдением наладчика-монтера. Исправлять дефекты электросварочного оборудования имеет право только монтер-наладчик.

5. При сварке крупногабаритных изделий следует применять защитные щиты-ширмы, ограждающие место сварки со стороны общих проходов.

6.3 Высотные работы

К работе на высоте относятся работы, при выполнении которых работник находится на расстоянии менее 2 м от неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более.

Верхолазными считаются работы, выполняемые на высоте более 5 м от

поверхности земли, перекрытия или рабочего настила, над которыми производятся работы непосредственно с конструкций или оборудования при их монтаже или ремонте; при этом основным средством, предохраняющим работников от падения, является предохранительный пояс.

К самостоятельной работе на высоте допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний к выполнению работ на высоте, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда и по правилам безопасности при работе на высоте и получившие допуск на право выполнения этой работы.

К выполнению самостоятельных верхолазных работ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний к выполнению верхолазных работ, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие стаж верхолазных работ не менее одного года.

Работники, впервые допускаемые к верхолазным работам, в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных работников, назначенных приказом (распоряжением) по филиалу.

Работник, допущенный к работе на высоте, обязан:

Выполнять только ту работу, которая определена рабочей или должностной инструкцией.

Выполнять правила внутреннего трудового распорядка.

Правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты.

Соблюдать требования охраны труда.

Немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления).

Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и

оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда.

Проходить обязательные периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования), а также проходить внеочередные медицинские осмотры (обследования) по направлению работодателя в случаях, предусмотренных Трудовым кодексом и иными федеральными законами.

Уметь оказывать первую помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях.

Уметь применять первичные средства пожаротушения.

При работе на высоте возможны воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов:

-расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола, перекрытия) и связанное с этим возможное падение работника или падение предметов на работника;

-разрушающиеся конструкции (лестницы, стремянки, леса, подмости и другое вспомогательное оборудование);

-повышенное скольжение (вследствие обледенения, увлажнения, замасливания поверхностей грунта, пола, трапов, стремянок, лестниц, лесов, подмостей и т. п.);

-движущиеся машины и механизмы;

-повышенная скорость ветра (при работе на открытом воздухе);

-повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

-повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;

-острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

-недостаточная освещенность рабочих мест;

-физические перегрузки.

Для защиты от опасных и вредных факторов работник должен быть обеспечен спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной

защиты в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты и Коллективным договором.

1Работы на высоте в открытых местах запрещаются:

-во время грозы;

-при температуре наружного воздуха ниже нормы, установленной местными органами самоуправления;

-при силе ветра 10-12 м/сек и более;

-при сильном снегопаде или тумане;

-при гололеде.

Исключение допускается при ликвидации аварий. В этом случае руководитель работ обязан организовать средства для обогрева.

В случаях травмирования или недомогания необходимо прекратить работу, известить об этом руководителя работ и обратиться в медицинское учреждение.

За невыполнение данной инструкции виновные привлекаются к ответственности согласно законодательства Российской Федерации.

2. Требования охраны труда перед началом работы

Прежде чем приступать к работе на высоте следует осмотреть место предстоящей работы и привести его в порядок; если оно загромождено ненужными предметами, мешающими в работе, необходимо привести его в порядок и убрать все лишнее.

Перед началом работы работник должен осмотреть инструмент, приспособления, вспомогательное оборудование, которые будут использоваться в работе, и убедиться и их исправности, а также проверить сроки очередных испытаний стремянок, лестниц, лестниц-стремянок.

Применяемые при работе на высоте средства индивидуальной защиты проверяются и приводятся в готовность до начала рабочего процесса, в том числе:

Перед пользованием предохранительным поясом нужно убедиться в том,

что он своевременно испытан на прочность, и проверить его исправность. При этом карабин предохранительного пояса должен быть снабжен предохранительным устройством, исключающим его случайное раскрытие, и обеспечивать быстрое (не более 3 секунд) и надежное закрепление и откреплениe одной рукой при надетой утепленной рукавице.

Работник должен знать следующие основные общие требования, предъявляемые к организации рабочего места и подготовке работ на высоте:

Рабочие места и проходы к ним на высоте 1,3 м и более и на расстоянии менее 2 м от границы перепада по высоте ограждаются временными инвентарными ограждениями высотой не менее 1,1 м в соответствии с установленными требованиями;

При выполнении работ на высоте внизу под местом производства работ определяются и соответствующим образом обозначаются и ограждаются опасные зоны;

Перед работой вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением и не защищенных от случайного прикосновения к ним, напряжение должно быть отключено; при этом у выключающего устройства должен быть вывешен предупредительный знак: "Не включать! Идут работы!".

Организация рабочего места должна обеспечивать устойчивое положение и свободу движения работника, визуальный контроль и безопасность выполнения технологических операций.

При этом должно быть исключено (или допущено на кратковременный период) выполнение работы в неудобных позах (при значительных наклонах, приседании, с вытянутыми или высокоподнятыми руками и т.п.), вызывающих повышенную утомляемость;

Личный инструмент должен находиться в сумках.

Во время проверки исправности и устойчивости стремянок и лестниц следует помнить о следующем:

Стремянки, как правило, должны иметь высоту ограждения рабочих площадок не менее 1 м.

Нижняя опорная часть стремянок, лестниц должна иметь

противоскользящие устройства (заострения, резиновые наконечники и т.п.).

Ступеньки стремянок должны иметь рифленую поверхность, содержаться в состоянии, исключающем поскальзывание и падение работника.

Приставные лестницы и лестницы стремянки перед применением осматриваются работником на исправность и соответствие их следующим основным требованиям:

На всех лестницах и лестницах-стремянках, находящихся в эксплуатации, указывается инвентарный номер, дата следующего испытания и принадлежность подразделению (цеху, участку и т.п.);

Длина приставных лестниц не должна превышать 5 м; при этом ширина лестницы вверху должна быть не менее 300 мм, а внизу - не менее 400 мм;

Тетивы деревянных лестниц должны быть скреплены стяжными болтами диаметром не менее 8 мм под верхней и нижней ступенями; при длине лестницы свыше 2 м должны быть установлены дополнительные болты таким образом, чтобы расстояние между ними не превышало 2 м.

Ступени деревянных лестниц должны быть врезаны в тетивы; применять лестницы со ступенями, нашитыми гвоздями, запрещается; расстояние между ступенями должно быть не более 250 мм и не менее 150 мм.

Нижние опорные концы приставных лестниц и лестниц-стремянок должны иметь противоскользящие устройства:

-для установки на земле - должны быть оковки с острыми наконечниками;

-для установки на гладких опорных поверхностях (паркет, линолеум, металл, плитка, бетон и др.) - должны быть надеты башмаки из резины или другого нескользкого материала;

Верхние концы лестниц, приставляемых к трубам, тросам или проводам, должны снабжаться специальными крюками-захватами или привязными ремнями, предотвращающими падение лестницы от напора ветра или случайных толчков;

У раздвижной лестницы должно быть предусмотрено надежное соединение, не позволяющее лестнице самопроизвольно раздвигаться.

Размеры приставной лестницы должны обеспечивать работнику возможность работы в положении стоя на ступени, находящейся на расстоянии не менее 1 м от верхнего конца лестницы;

Ступеньки лестниц и лестниц-стремянок не должны быть скользкими (из-за износа, в результате увлажнения, обледенения, замасливания и т.п.);

На поверхности лестниц и лестниц-стремянок и не должно быть вмятин, забоин, царапин, заметных визуально, а также острых кромок, выступающих гвоздей и заусенцев.

До начала работы должна быть обеспечена устойчивость приставной лестницы, при этом необходимо убедиться путем осмотра и опробования в том, что лестница не может соскользнуть с места и быть случайно сдвинута.

При установке приставной лестницы в условиях, когда возможно смещение ее верхнего конца, последний необходимо надежно закрепить за устойчивую конструкцию.

Перед началом работы нужно убедиться в достаточности освещения мести предстоящего проведения работ.

3. Требования охраны труда во время работы

Все работы на высоте должны выполняться в соответствии с технологической документацией и правилами технической эксплуатации применяемого оборудования, машин и механизмов, с соблюдением требований, обеспечивающих защиту работника от воздействия опасных производственных факторов.

Учитывая, что падения с высоты являются наиболее распространенной причиной несчастных случаев на производстве, работнику необходимо быть особенно внимательным и осторожным во время выполнения работы.

Работы на высоте должны производиться со специально предназначенных для каждого вида работ и имеющих защитные ограждения вспомогательных приспособлений (стремянок, лестниц, подмостей, вышек, платформ и т.п.), которые следует устанавливать так, чтобы отсутствовала необходимость перемещения центра тяжести работника за пределы рабочей

площадки (габариты) этих приспособлений.

При выполнении работ с применением приставных лестниц и лестниц-стремянок следует соблюдать также следующие основные требования безопасности:

При работе с приставной лестницей в местах с оживленным движением транспортных средств или людей для предупреждения ее падения от случайных толчков независимо от наличия на концах лестницы наконечников место ее установки следует ограждать или охранять;

В случаях, когда невозможно закрепить лестницу при установке ее на гладком полу, у ее основания должен стоять работник в каске и удерживать лестницу в устойчивом положении. В остальных случаях поддерживать лестницу внизу руками не допускается;

Устанавливать дополнительные опорные сооружения из ящиков, бочек и т.п. в случае недостаточной длины лестницы не допускается;

Нельзя устанавливать приставные лестницы под углом более 75° к горизонтали без дополнительного крепления их верхней части.

При необходимости выполнять работы с одновременным поддерживанием деталей или связанные с необходимостью упора в конструкцию следует применять лестницы, лестницы-стремянки с верхними площадками, огражденными с трех сторон предохранительным барьером (перилами).

Работать с двух верхних ступенек лестниц и лестниц-стремянок, не имеющих перил или упоров, не допускается;

Находиться на ступенях приставной лестницы или лестницы-стремянки более чем одному работнику не допускается;

При работе с приставной лестницы на высоте более 1,3 м надлежит применять предохранительный пояс, прикрепляемый к конструкции сооружения или к лестнице при условии ее закрепления к строительной или другой конструкции;

Поднимать и опускать груз по приставной лестнице и оставлять на ней инструмент не допускается. Для подъема (спуска) по лестницам предметов

массой менее 10 кг следует использовать наплечные сумки;

Запрещается работать на приставной лестнице или лестнице-стремянке без верхней площадки, не имеющей ограждения, в следующих случаях:

-около и над вращающимися механизмами, работающими машинами, транспортерами и т.п.;

-с использованием электрического или пневматического инструмента, строительно-монтажных пистолетов;

-при выполнении электро- или газосварочных работ;

-при воздействии на работника сил, создающих опрокидывающий момент (например, при натяжении проводов, поддержания на высоте тяжелой детали и т.п.);

При перемещении лестницы двумя работниками лестницу необходимо нести наконечниками назад, предупреждая встречных об осторожности. При переноске лестницы одним работником она должна находиться в наклонном положении так, чтобы передний конец ее был приподнят над землей (полом) не менее чем на 2 м.

При выполнении работ из корзин люлек (далее по тексту - люлек) телескопических вышек и подъемников следует соблюдать следующие требования:

Вход (выход) в люльку производится только на земле;

Поднимать и опускать работника, находящегося в люльке, следует только по его команде со скоростью не выше 10 м/мин. При работах на большой высоте работник должен быть снабжен переговорным устройством (например, мегафоном);

При подъеме (спуске) работника в люльке он должен быть прикреплен к ней предохранительным поясом;

Не допускается нахождение людей под используемой для работы люлькой.

При подъеме на мачты по лестницам работник должен иметь на себе предохранительный пояс и во время работы прикрепляться стропом к конструкции мачты.

Подъем на монтерских когтях разрешается на деревянные мачты, опоры высотой не более 15 м. Во время подъема работник должен быть прикреплен к мачте, опоре цепью предохранительного пояса.

При выполнении работ на крыше или других высокорасположенных поверхностях с уклоном более 20° работники должны применять предохранительные пояса.

Места закрепления предохранительных поясов указываются руководителем работ.

Не допускается скопление работников в одном месте и складирование материалов на настилах, лесах, подмостях, трапах и т.п. в количествах, превышающих допустимые нагрузки (работники должны знать величину этих допустимых нагрузок).

Подъем и опускание грузов массой более 20 кг необходимо производить с помощью средств механизации.

Допускается подъем (спуск) на высоту грузов массой 20 кг и менее с помощью бесконечного каната либо веревки, длина которых должна быть не менее тройной высоты подъема (спуска). При пользовании веревкой груз привязывается к ее середине.

При работе на высоте со слесарно-монтажным инструментом переносить его следует в сумках, подсумках, закрепленных на предохранительном поясе, или в наплечных сумках.

При работе на конструкциях, под которыми расположены находящиеся под напряжением токоведущие части, приспособления и инструмент, применяемые при работе, во избежание их падения необходимо привязывать.

Во время перерывов в работе технологические приспособления, материалы, инструмент и другие мелкие предметы, находящиеся на высокорасположенном рабочем месте, должны быть закреплены или убраны во избежание возможного их падения.

При скорости ветра 15 м/с, ухудшении видимости из-за темноты или тумана, приближении грозы или проявлении гололеда выполнение работ на высоте должно быть прекращено.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к авариям и несчастным случаям, необходимо:

немедленно прекратить работы и известить руководителя работ.

под руководством руководителя работ оперативно принять меры по устранению причин аварий или ситуаций, которые могут привести к авариям или несчастным случаям.

При возникновении пожара, задымлении:

Немедленно сообщить по телефону «01» в пожарную охрану, оповестить работающих, поставить в известность руководителя подразделения, сообщить о возгорании на пост охраны.

Открыть запасные выходы из здания, обесточить электропитание, закрыть окна и прикрыть двери.

Приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, если это не сопряжено с риском для жизни.

Организовать встречу пожарной команды.

Покинуть здание и находиться в зоне эвакуации.

При несчастном случае:

Немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию.

Принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц.

Сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к катастрофе, аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения – зафиксировать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести другие мероприятия).

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы следует привести в порядок рабочее место, спецодежду, убрать инструменты, приспособления, материалы и т.п.

Использованные при уборке тряпки, ветошь и другие материалы следует сложить в специально отведенное место (например, металлический ящик с закрывающейся крышкой).

Сообщить лицу, ответственному за производство работ, обо всех недостатках, замеченных во время работы, и принятых мерах по их устранению.

6.4 Крановые работы

Машинисты кранов должны хорошо знать правила техники безопасности в строительстве (СНиП Ш-А.11–70). С помощью крана следует поднимать грузы, масса которых (с учетом массы стропующих устройств) не превышает грузоподъемности крана на данном вылете крюка. Возможность подъема различных конструкций, деталей и материалов машинист должен проверять по графику-таблице грузоподъемности крана, вывешенной в кабине управления. Машинист в начале смены должен ознакомиться с номенклатурой и массой монтируемых элементов. В процессе работы массу поднимаемых грузов следует контролировать с помощью специального указателя, установленного в кабине или закрепленного на стреле.

Подъем груза, масса которого неизвестна, запрещается. Груз, масса которого близка к допускаемому для данного вылета крюка, следует поднимать в два приема. Сначала груз поднимают на высоту 100 мм от площадки, проверяют устойчивость крана, действие тормозов, качество строповки и подвеса груза; затем его опускают на землю. После этого груз поднимают на заданный монтажный уровень.

Поднимать груз разрешается при условии, что он уравновешен, надежно зафиксирован стропами или подвешен к таре, исключающей его произвольное падение, высыпание, выливание. При подъеме и перемещении грузов над участками, где находятся рабочие, машинист обязан предупреждать их частыми

звуковыми сигналами.

Перемещая груз в пространстве по сложной траектории, машинист должен следить за тем, чтобы груз был поднят выше встречающихся конструкций и предметов не менее чем на 1 м. При передвижении крана по монтажной площадке груз надо проносить над уложенными конструкциями на высоте не менее чем на 0,5 м.

Перемещение грузов и стрелы (включая зону возможного ее опускания‘в положение вылета) над рабочими не разрешается, за исключением тех случаев, когда это вызвано особыми производственными условиями. Для этого необходимо письменное разрешение руководства монтажной организации.

Машинист обязан производить все рабочие движения крана только по сигналу бригадира монтажной бригады, стропальщика и сигнальщика, а в особо ответственных случаях – по команде мастера или производителя работ. Машинист не имеет права принимать сигналы, явно противоречащие правилам безопасности. В случае выполнения рабочего движения по неверному сигналу машинист несет ответственность за последствия, так же как и лицо, подавшее этот сигнал.

По сигналу «Стоп» машинист обязан немедленно прекратить работу крана независимо от того, кто подал сигнал.

Машинист не имеет права поднимать или перемещать людей на крюке или на грузе. Он не должен разрешать посторонним лицам входить на кран. Машинисту запрещается передавать кому-либо управление краном без разрешения администрации, даже ученику-стажеру при кратковременном уходе с крана.

Машинист может покинуть свое рабочее место только в обеденный перерыв, в остальных случаях уход с крана разрешается только по указанию администрации. В случае заболевания до начала смены или внезапного ощущения недомогания в процессе работы машинист должен сообщить об этом администрации и немедленно прекратить работу на кране.

Места работы стреловых самоходных кранов должны быть оборудованы щитами с предупредительными надписями. В ночное время эти щиты должны

быть видны.

Все вращающиеся детали (зубчатые колеса, цепные передачи) должны иметь надежные ограждающие кожухи. Работать на кране при снятых или плохо закрепленных кожухах и других ограждениях запрещается. Ограждения внутри машинного отделения, стремянки для подъема в кабину управления и на крышу машинного отделения должны быть в исправном состоянии.

Техническое обслуживание, осмотр, регулирование и ремонт частей крана, расположенных на высоте более 4 м, разрешается выполнять только при наличии у машиниста предохранительного пояса или при условии, что машинист находится внутри металлоконструкций и опирается на лестницу.

В случае работы кранов с удлиненными стрелами и башенно-стре-ловым оборудованием из-за упругой податливости рабочего оборудования груз раскачивается, что создает опасную зону для стропальщиков и монтажников. Амплитуда колебаний подвешенного на крюке максимально допускаемого груза – величина опасной зоны – зависит от вылета крюка и размеров рабочего оборудования (рис. 183). Опасная зона при работе крана со стрелой при строповке груза за одну точку представляет собой окружность, радиус которой равен расстоянию от оси вращения до точки соприкосновения опущенной стрелы с площадкой. При работе крана с башенно-стреловым оборудованием опасной зоной является также окружность с радиусом, равным сумме вылета крюка и наибольшего отклонения груза под воздействием всех нагрузок (инерционных, ветровых, от уклона и гибкости оборудования). При подъеме крупногабаритных конструкций с многоточечной строповкой к размерам опасной зоны добавляется величина падения конструкции.

Наибольшие отклонения груза в обе стороны от вертикали для гусеничных кранов грузоподъемностью 25 т с башенно-стреловым оборудованием составляют 0,8–1 м; для 40–63 т с тем же оборудованием – 2,8–3 м.

Стреловые самоходные краны должны быть снабжены прибором, включающим звуковой сигнал оповещения о приближении стрелы к находящимся под напряжением проводам электрической сети или линии

электропередачи.

Грузоподъемные машины при работе в пределах охранной зоны линии, находящейся под напряжением, должны быть заземлены с помощью переносного заземления с таким же сечением, как и переносное заземление, накладываемое на провода линии. На гусеничные машины такое требование не распространяется. При работе на отключенной линии заземление грузоподъемных машин не требуется.

Работа крана у контактных проводов троллейбусной и трамвайной сетей допускается при условии соблюдения между стрелой (гуськом) крана и проводом не менее 1 м и тщательной проверки заземления крана.

В случае применения крана на погрузке и разгрузке железнодорожных платформ (полувагонов, гондол) расстояние между стрелой и контактным проводом железной дороги должно быть выдержано не менее 2 м.

Стреловые гусеничные краны с электрическими и дизель-электрическим приводом должны быть заземлены. При наличии питающего электрокабеля конец нулевой жилы подсоединяют к заземляющему контактному болту. Все электрооборудование крана должно иметь надежную изоляцию и электрическое соединение с заземляющим устройством. В грозу, даже при надежно действующем заземлении, работа на кране, около него и вдоль всего кабеля должна быть прекращена.

Устройство заземления, осмотр его состояния и проверка сопротивления заземляющих устройств проводятся в соответствии с инструкциями СИ 102-76.

Разработаны устройства АСОН–1 для сигнализации при опасном приближении кранов к проводам ЛЭП, находящимся под напряжением.

Расстояние между поворотной частью стрелового самоходного крана и выступающими частями возводимого здания или штабеля деталей должно быть не менее 1 м.

В случае прекращения подачи электроэнергии к крану (при питании от внешней сети) машинист обязан: выключить аварийный рубильник; установить маховички-рычаги контроллеров в нулевое положение; предотвратить движение рабочих под грузом и стрелой (если груз висит на крюке); сообщить

об отсутствии тока дежурному электрику, а также бригадиру монтажников.

При длительном отсутствии тока необходимо опустить груз на землю (или на возведенные конструкции), осторожно разжимая тормозные колодки вручную. После этого рабочее оборудование и кран надо установить в нерабочее положение, отключить рубильник, запереть кабину.

Машинист обязан прекращать работу на кране при: – получении сигнала, противоречащего правилам техники безопасности (уведомив об этом лицо, которому подчинен); – требовании поднять груз, масса которого неизвестна машинисту; нахождении металлоконструкций под напряжением; внезапной просадке или сползании (при работе на бровке) грунта; частом срабатывании максимально-токовой и тепловой защиты; деформации металлических конструкций стрелы, башни, гуська, поломке механизмов, обрыве прядей канатов, отказе в работе ограничителей, звукового устройства, повреждении электрокабеля, отсутствии освещения при работе в ночное время; внезапной отцепке, скольжении или сдвиге стропа по грузу; открывании тары, нарушении равновесия поднимаемого груза; посторонних, ненормальных шумах и стуке в механизмах; внезапном возникновении ветра силой более шести баллов, сильного снегопада или тумана.

Совмещение отдельных движений крана допускается в точном соответствии с инструкцией по эксплуатации крана. Совмещение движений разрешается только в зоне видимости машиниста. При ограниченной видимости рабочих мест или вне поля зрения машинист должен иметь радиотелефонную связь с ответственным за подачу сигналов и с монтажниками.

Если невозможно организовать радиотелефонную связь, работать необходимо с рабочим, подающим сигналы. Машинист и стропальщики верхнего и нижнего звеньев должны знать единую, принятую на стройке знаковую сигнализацию и порядок обмена сигналами. Обязанности подающего сигналы выполняет рабочий монтажной бригады, специально выделенный для этой цели Сигнализация голосом допускается на кранах, оснащенных стрелами длиной не более 10 м.

При эксплуатации кранов, в процессе их модернизации, при ремонте необходимо следить за тем, чтобы не деформировались металлические элементы рычагов и педалей, не изменялись заданные размеры, расположение и наклон, не образовывались повышенные люфты, не ослабевали возвратные пружины.

Увеличение усилий на рычагах и их хода сверху нормативных повышает энергетические затраты, утомляемость машиниста. Это особенно ощутимо при высокоцикличных операциях на погрузочно-разгрузочных работах.

Охрана труда машиниста зависит от степени комфортности кабины, системы управления, эргономических показателей машины в целом.

К основным эргономическим (от греческого слова ерго – работа) показателям относятся следующие: – величина усилий и хода рычагов и педалей системы управления; – температура, загазованность и запыленность внутри кабины; – уровень шума на рабочем месте; – освещенность рабочих органов и фронта работы.

Усилия на рулевом колесе и органах управления двигателем внутреннего сгорания не должны превышать соответственно 115 и 50 Н, на постоянно используемых в каждом рабочем цикле, а также часто применяемых рычагах – 58,84 Н, педалях – 117,68 Н, на редко применяемых в том числе при передвижении крана рычагах 117,68 Н и педалях – 245 Н.

Причиной увеличения усилий могут быть деформации и заедание тяг и рычагов, отсутствие смазки в соединениях или загустевание смазочного материала в гидросистеме. Для обеспечения нормальных усилгй следует периодически (приурочивая к техническому обслуживанию крана) проверять величину усилий на рычагах и педалях и устранять обнаруженные недостатки в системе управления. Микроклимат в кабине управления должен поддерживаться в следующих пределах: температура летом – не более 28 °С с возможностью превышения максимально на 5 °С; температура зимой на уровне пола – не менее 14 °С.

При работе зимой температура в кабине должна поддерживаться с помощью серийных отопителей отопительно-вентиляционных установок,

тепловентиляторов, электропечей.

Работающие двигатели, механизмы и агрегаты являются источником шума. Длительное воздействие и высокий уровень шума приводят к нарушениям нервной системы, к ослаблению слуха, зрения и другим вредным последствиям.

Предельно допускаемый уровень звука на рабочем месте составляет 85 дБ. Основным условием, обеспечивающим снижение шума в кабине управления, является надлежащая ее звукоизоляция. Возникновение повышенного шума в механизмах, трансмиссии крана устраняется регулированием, ремонтом или заменой неисправной детали.

В южных районах особенно во время работы в карьерах наблюдается повышенное содержание пыли в воздухе. Установлена предельно допустимая концентрация пыли: пыль, содержащая 70% свободной окиси кремния в кристаллическом виде, – не более 1 мг/м3; пыль, содержащая до 70% свободной окиси кремния, не более 2 мг/м3.

В процессе эксплуатации кранов необходимо обеспечивать надлежащую герметизацию кабины управления. Деформация стенок и каркаса, потеря уплотнительных элементов нарушает герметичность кабины управления и приводит к увеличенному проникновению вредных веществ на рабочее место машиниста.

Стреловые краны оснащают осветительными установками наружного освещения для возможности работы автономно в темное время суток, в тумане, в Северных районах полярной ночью.

Искусственные источники света кранов, а также общеплощадочные осветительные приборы должны обеспечивать допускаемые нормы освещенности участков работы согласно СН 81–70 «Указаниям по проектированию электрического освещения строительных площадок».

Необходимая освещенность должна обеспечиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях мест приема, подачи и установки грузов и конструкций, всей высоты подъема крюка, грейфера.

Освещенность приборов в кабине управления, в том числе на пульте,

должна обеспечивать оптимальную видимость стрелок и шкал.

Противотумапные фары, устанавливаемые по требованию заказчика, должны обеспечивать эффективное освещение рабочих мест и дороги во время тумана, сильного дождя, снегопада и пыльных бурь.

Техника безопасности при обслуживании кранов. К управлению кранами допускаются рабочие, обученные по специальной программе, аттестованные квалификационной комиссией и имеющие удостоверение на право управления ими. Машинисты и помощники машинистов кранов допускаются к работе только на основании приказа начальника участка.

Машинист несет ответственность за содержание крана в исправном состоянии, за нарушение правил его эксплуатации и несоблюдение правил техники безопасности.

На кране должны быть сделаны ясные надписи, запрещающие находиться под грузом и стрелой.

Регулировать, вскрывать и ремонтировать сборочные единицы и механизмы крана в процессе их движения запрещается. Все операции, связанные с электропроводкой и электрооборудованием, можно выполнять, отключив предварительно кран от внешней электросети или сняв напряжение собственной силовой дизель-электрической установки.

Грузоподъемность крана на любом вылете при температуре окружающего воздуха ниже, чем указано в паспорте, должна быть уменьшена в 2 раза от наибольшей грузоподъемности, указанной в паспорте крана. Движение крана с грузом на крюке не разрешается.

Особенно тщательно и регулярно (2–3 раза в смену) необходимо наблюдать за состоянием отдельных элементов и сборочных единиц крана: тормозов, муфт, кабеля, а также грузозахватных устройств. Систематически надо проверять состояние площадки, по которой перемещаются краны (без груза).

Во время работы при низких отрицательных температурах должны быть организованы обогрев и подсмена обслуживающего персонала и всей крановой бригады.

На месте производства работ через каждые 2–3 ч определяют - температуру и силу ветра, полученные данные заносят в сменный журнал.

Помимо общих причин несчастных случаев при выполнении демонтажных операций возникают допонительные причины, вызываемые возможной деформацией отдельных частей крана, ослаблением и нарушением соединений и креплений сборочных единиц и частей, повышенной коррозией металлоконструкций, а также повреждением и загрязнением болтовых и винтовых соединений.

При разборке кранов, пришедших с линии в указанном состоянии, могут происходить травмирование рабочих и повреждение оборудования, что требует особенно повышенного внимания и тщательности проведения работ.

Специфические требования по технике безопасности возникают в связи с тем, что сварочные, сборочные и другие работы часто производятся на открытых площадках в течение всего года, включая осенний и зимний периоды.

При проведении техобслуживания и ремонтов машинисты, рабочие должны пользоваться спецодеждой и различными защитными приспособлениями.

Спецодежда должна быть удобная, не стеснять движений рабочего, не порвана и относительно чистая (не промасленная). Спецодежда должна соответствовать времени года при работе на открытом воздухе и температуре помещения при работе в цеху, мастерских.

6.5 Демонтажные работы

До начала монтажных работ необходимо провести статические и динамические испытания такелажного оборудования: канатов, крюков и полиспастов, бывших в работе.

При выполнении монтажных и демонтажных работ необходимо соблюдать следующие требования: – отцеплять монтируемые элементы от крюка крана можно только после их надежного закрепления на ранее смонтированных конструкциях; – состояние монтажных канатов и способы их закрепления должны отвечать требованиям производства монтажных работ; – временные опоры в виде козел должны быть выполнены так, чтобы

исключалось падение опоры, железобетонных плит и блоков, уложенных на якори; – при сборке основных конструкций, а также вспомогательных элементов различных приспособлений соединять и закреплять их необходимо полным количеством – болтов, гаек, накладок. Временное соединение, «наживление» элементов, не обеспечивающих нормальную устойчивость и прочность конструкций в соответствии с техническими условиями на монтаж, не разрешается; – монтировать кран можно только на горизонтальной спланированной и укатанной площадке, исключающей просадки и перекосы машины при ее сборке; – при сборке и разборке крана следует использовать знаковую или звуковую сигнализацию; – металлические конструкции необходимо укладывать только на деревянные подкладки во избежание повреждений и деформаций, которые могут возникнуть при опирании конструкций непосредственно на грунт; – в процессе подъема элементов и частей крана нельзя находиться под грузом.

При работе на высоте монтажник обязан пользоваться испытанным предохранительным поясом.

Проверку всех ответственных соединений, состояния металлоконструкций, надежность действия тормозов, правильность запасовки канатов, схемы и соединения электропроводки, сохранность сварных и болтовых соединений необходимо по возможности производить на монтажной площадке до подъема рабочего оборудования крана в рабочее положение.

Необходимо иметь в виду, что усилия, возникающие в подъемных канатах, конструкциях, в начале подъема башен, стрел, гуськов, являются наибольшими и уменьшаются к концу установки в рабочее положение.

При демонтаже указанных частей изменение нагрузок происходит в обратном порядке. Поэтому тщательность подготовки крана к демонтажу, проверка его отдельных сборочных единиц и частей дополнительно повышаются, так как упущения и дефекты могут выявиться в наиболее опасный период демонтажа.

Порядок производства работ при сборке и разборке кранов, набор инструментов и приспособлений, расстановка членов монтажной бригады и их

обязанности должны приниматься в полном соответствии с типовыми инструкциями по монтажу, демонтажу и эксплуатации, прикладываемыми к крану заводами-изготовителями.

Правила техники безопасности при ремонтных работах. Перед началом ремонтных работ руководитель работ должен лично проверить, как обеспечено на рабочих местах выполнение правил по технике безопасности.

К числу таких правил относятся следующие: – полное отключение электрического тока от ремонтируемого оборудования и принятие мер против случайного или ошибочного его подключения к сети; – проверка качества инструментов и в особенности электроинструментов, обеспечение их заземления и исправности токоведущих проводов; – обеспечение рабочих, пользующихся электроинструментами, резиновыми перчатками и резиновыми ковриками; – куртка или комбинезон рабочего должны быть застегнуты, длинные волосы спрятаны под головной убор; – места работы должны быть хорошо освещены; переносные электролампы применяют при напряжении не свыше 36 В; – подмости или леса, с которых ведут ремонтные работы, должны быть прочны, хорошо закреплены и не иметь щелей; – паяльные и лудильные работы нельзя производить на расстоянии ближе 5 м от легковоспламеняющихся или огнеопасных материалов.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1 Теоретические основы определения сметной стоимости СМР

Объектом строительства является отдельно стоящее здание (производственный корпус или цех, склад, вокзал, овощехранилище, жилой дом, клуб и т.п.) или сооружение (мост, тоннель, платформа, плотина и т.п.) со всеми относящимися к нему обустройствами (галереями, эстакадами и т.п.), оборудованием, мебелью, инвентарем, подсобными и вспомогательными устройствами, а также, при необходимости, с прилегающими к нему инженерными сетями и общеплощадочными работами (вертикальная планировка, благоустройство, озеленение и т.п.).

Пусковой комплекс — совокупность нескольких объектов (или их частей) основного производственного и вспомогательного назначения, энергетического, транспортного и складского хозяйства, связи, внутриплощадочных инженерных коммуникаций, благоустройств и других объектов, являющихся частью стройки или ее очереди, ввод которых в эксплуатацию обеспечивает выпуск продукции или оказание услуг, предусмотренных проектом, и нормальные условия труда для обслуживающего персонала согласно действующим нормам.

Очередь строительства — часть строительства, состоящая из группы зданий, сооружений и устройств, ввод которых в эксплуатацию обеспечивает выпуск продукции или оказание услуг, предусмотренных проектом. Может состоять из одного или нескольких пусковых комплексов.

Стройка — совокупность зданий и сооружений различного назначения, строительство, расширение или реконструкция которых осуществляется на объем продукции, определенный в предпроектных проработках (обоснованиях инвестиций) по единой проектной документации в объеме, определенном сводным сметным расчетом или сводкой затрат.

Сметная стоимость строительства (объем капитальных вложений) — предприятий, зданий и сооружений — сумма денежных средств, необходимых

заказчику для строительства объекта в соответствии с проектными материалами.

Сметная стоимость строительства в соответствии с технологической структурой капитальных вложений и порядком осуществления деятельности строительно-монтажных организаций подразделяется по следующим элементам: стоимость строительных работ; стоимость работ по монтажу оборудования (монтажных работ); затраты на приобретение (изготовление) оборудования, мебели и инвентаря; прочие затраты. Строительные работы, как известно, подразделяются на общестроительные и специальные.

К *общестроительным* относятся земляные, каменные, бетонные, железобетонные работы, монтаж различных конструкций, устройство полов, кровель, а также отделочные работы и др.

Специальными считаются санитарно - и электротехнические работы, буровзрывные и некоторые другие.

Под монтажными работами в сметном деле понимаются работы по установке (монтажу) производственного оборудования.

Сметная стоимость строительных и монтажных работ ($С_{смр}$) по экономическому содержанию в основном состоит из прямых затрат (ПЗ), накладных расходов (НР) и сметной прибыли (СП):

$$С_{СМР}=ПЗ+НР+СП \qquad (7.1)$$

При разработке смет учитываются лимитированные и прочие затраты, а также некоторые налоги, в частности, НДС.

Прямые затраты непосредственно связаны с выполнением СМР. Их величина определяется прямым счетом и зависит от объемов работ, необходимых ресурсов, сметных норм и цен на ресурсы.

Прямые затраты включают:

· стоимость строительных материалов, деталей и конструкций (далее — материалы, М);

· затраты на основную заработную плату рабочих-строителей ($ЗП_С$);

· стоимость эксплуатации строительных машин и механизмов (ЭМ), включая заработную плату рабочих-машинистов.

$$ПЗ = М + ЗП_С + ЭМ \quad (7.2)$$

В сметную стоимость материалов, полуфабрикатов, деталей и конструкций входят затраты на их приобретение и расходы, связанные с заготовкой и доставкой материалов до приобъектных складов строительной площадки. Стоимость эксплуатации строительных машин и механизмов включает затраты, предусмотренные сметными нормами при производстве строительных работ и монтаже оборудования (амортизационные отчисления, стоимость горюче-смазочных материалов, затраты на выполнение всех видов ремонтов, на перебазировку с одной строительной площадки на другую и т.п., а также основную заработную плату рабочих, управляющих строительными машинами).

В статью «Основная заработная плата рабочих» включаются затраты на оплату труда рабочих, выполняющих строительные работы и монтаж оборудования, а также доставляющих материалы с приобъектных складов строек и на рабочие места.

В состав оплаты труда, включаемой в себестоимость продукции (работ, услуг), входит также дополнительная заработная плата — выплаты за непроработанное время в соответствии с действующим законодательством.

Расходы по дополнительной заработной плате работников строительства учитываются накладными расходами.

Накладные расходы предназначены для компенсации затрат строительных организаций, связанных с обеспечением общих условий строительного производства: на обслуживание, организацию и управление строительством (административно-хозяйственные расходы и др.). Величина их определяется косвенным путем в процентах от фонда оплаты труда рабочих (строителей и машинистов).

Прямые затраты и накладные расходы в сумме образовывают сметную себестоимость работ:

$$СС = ПЗ + НР, \quad (7.3)$$

Сметная прибыль — это нормативная (гарантированная) прибыль подрядной организации в составе цены строительной продукции, идущая в основном на развитие производственной базы и социальной сферы подрядчика.

Распределение сметной стоимости СМР, принимаемой за 100%, по группам затрат с указанием их удельного веса в сметной стоимости СМР определяет структуру сметной стоимости СМР.

7.2Расчет стоимости строительства

Расчет стоимости строительства произведен согласно объемам работ и сборникам ФЕР. Стоимость строительства рассчитана в базисном уровне цен 2001 г. Локальная смета на строительство демонтажной камеры приведена в таблице 7.1. Накладные расходы и сметная прибыль рассчитаны соответственно согласно Методическим указаниям по определению величины накладных расходов в строительстве МДС 81-33. 2004 и Методическим указаниям по определению величины накладных расходов и сметной прибыли в строительстве МДС 81-25. 2001.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте подробно рассмотрены вопросы строительства камеры большого поперечного сечения для демонтажа ТПК LOVAT. Особое внимание было уделено теоретическим вопросам химического закрепления грунтов, так как сложные горно-геологические условия строительства предполагают специальные способы проходки. Нагнетание инъекционных растворов за обделку камеры предусматривается с целью: повышения несущей способности грунтов вокруг демонтажной камеры; ликвидации остаточных водопритоков в демонтажную камеру, для снижения и прекращения опасных суффозионных процессов выноса грунта , заполнения пустот за обделкой

Кроме этого, обоснована технология строительства демонтажной камеры, выполнен выбор и расчет крепи. Отдельное внимание уделено способу раскрытия сечения камеры – способ опорного ядра.

Основные достоинства способа состоят в отказе от одновременной разработки больших участков сечения камеры, разделении ее на мелкие элементы с целью уменьшения осадок, непрерывности возведения обделки стен и свода, а также в низкой стоимости разработки центрального ядра с применением высокопроизводительных механизмов при широком фронте работ.

Выполнен анализ практики применения ТПК Lovat.

Площадь сечения демонтажной камеры в разработке составила 90 м^2. Крепь камеры рассчитана на постоянные нагрузки от горного давления и выполнена из аркобетонной крепи. Аркобетонная крепь состоит из двутавровой балки 30Б и бетона класса В30, толщиной 300 мм. При разработке камеры вентиляция осуществлялась от существующего воздуховода d=1000 мм.

Стоимость строительства составила 10 137 664 рублей в ценах 2001 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 91.13330.2012 Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80; введ. 30. 06.2012.– М.: Минрегион России, 2012 .–59с.
2. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи/ВНИМИ, ВНИИОМШС МИНуглепрома СССР.– Москва. : Стройиздат, 1983, 272 с.
3. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01-83) введ. 01 02. 1985 .– М.: Москва Стройиздат, 1986.–93с.
4. Голицынский, Д.М. Строительство тоннелей и метрополитенов: Учебник/ Д. М. Голицынский, Ю. С. Фролов, Н.И. Кулагин; Под ред. Д.М, Голицынского.– М.: Транспорт, 1989 .– 319 с.
5. Тоннели и метрополитены: учебник / В.П. Волков, С.Н. Наумов, А.Н Пирожкова, В.Г. Храпов.– Москва: Транспорт, 1974.–551 с.
6. Строительство метрополитенов: учебник / С.Н. Власов, В.В. Торгалов, Б.Н. Виноградов, Ю.В. Егорова.– Москва: Транспорт, 1987.– 252 с.
7. Справочник инженера тоннельщика: справочное пособие / Г.М. Богомолов, Д. М. Голицынский, С.И. Сеславинский и др.; Под ред. В.Е. Меркина, С Н. Власова, О. Н. Макарова – М.: Транспорт, 1993.– 389с.
8. Шахтное и подземное строительство: учебник для студентов ВУЗов, 2-е изд., перераб. и доп., том I / Б.А. Картозия, Б.И. Федунец, М.Н. Шуплик и др.– М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 607 с.
9. Шахтное и подземное строительство: учебник для студентов ВУЗов, 2-е изд., перераб. и доп., том II / Б.А. Картозия, Б.И. Федунец, М.Н. Шуплик и др.– М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 582 с.
10. Мостков, В.М. Проектирование и строительство подземных сооружений большого сечения: Справочник / В.М. Мостков, Н.В. Дмитриев, Ю. П. Рахманинов. М.: Недра, 1993 .– 308с.
11. Покровский, Н.М. Проектирование комплексных выработок подземных сооружений : учебник для ВУЗов / Н.М. Покровский. М.: Недра, 1970.–320 с.
12. Справочник инженера шахтостроителя: В 2 т. / под общ. ред. В. В.

Белого. Т. 2. - М.: Недра, 1983. - 423 с.

13. Ушаков К.З., Бурчаков А.С. Аэрология горных предприятий: Недра, 1987. – 424 с.

14. Шехурдин, В. К. Задачник по горным работам, проведению и креплению горных выработок / В. К. Шехурдин. - М.: Недра, 1985. - 240 с.

15. СТО 4.2–07–2014 Стандарт организации. Система менеджмента качества. Общие требование к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности, Красноярск, 2014.–60 с.

16. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Введ 01.01. 2013. (с Изменениями N 1, 2)

17. СТО АСЧМ 20-93 Прокат стальной сортовой фасонного профиля. Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия

18. ГОСТ 22584-96 Тали электрические канатные. Общие технические условия