

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Горное дело»

Сундетов Даулетбек Жаксыбекович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 6B07205 – «Горная инженерия»

Проектирование технологии строительства подземных объектов
Алматинского метрополитена

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Горное дело»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
д-р техн. наук, профессор
Молдабаев С.К.

« 06 » 06 2023г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Проектирование технологии строительства подземных объектов
Алматинского метрополитена»

Специальность 6B07205 – «Горная инженерия»

Выполнил

Сундетов Д.Ж.

Рецензент

Доктор PhD.,

ассоциированный профессор

КазАДИ имени Л.Б.Гончарова

Жанакова Р.К.

« 05 » 06 2023г.

Научный руководитель

канд. техн. наук, профессор

Алменов Т.М.

« 06 » 06 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

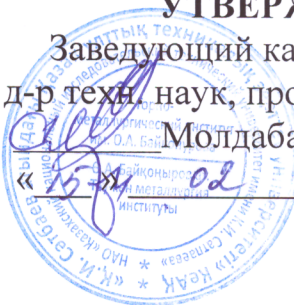
НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Горное дело»

Специальность 6В07205 – «Горная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
д-р техн. наук, профессор
Молдабаев С.К.
«15» 02 2023г.



ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Сундетову Даулетбеку Жаксыбековичу

Тема: «Проектирование технологии строительства подземных объектов Алматинского метрополитена». Специальная часть: «Проложка перегонного тоннеля с горнопроходческим щитом».

Утверждена приказом Ректора Университета №408-п от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной проекта «02» июня 2023г.

Исходные данные к дипломному проекту: глубина заложения перегонного тоннеля - 40м; диаметр проводимого тоннеля-5800мм; продольный угол наклона перегонного тоннеля - 40%; протяженность перегонного тоннеля -600м; объем выемки горной массы - 29780 м³; устройство постоянной обделки перегонного тоннеля: сборные железобетонные тубинговые крепи; горно-геологические и физико-механические свойства горных пород: верхний слой суглинка мощностью от 0,5 до 2,6 м; плотность - 1,52-1,78 т/м³, угол внутреннего трения - 18°-19°, удельное сцепление - 40-45 кПа, модуль деформации - 11-12 МПа, коэффициент Пуассона - 0,35, крепость по Протодьяконову - 1,2, условное расчетное сопротивление - 190 кПа.

Необходимо предусмотреть проектирование технологии строительства 600м протяженности тоннеля, соединяющие между станции «Сары Арка» и «Момышулы».

Некоторые исходные данные для выполнения дипломного проекта можно получить из документов строительного проекта, полученных в ходе прохождения практики.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) геологическая и инженерно-геологическая часть;
- б) конструктивные и инженерно-технические решения;
- в) технология и организация проходки тоннеля;
- г) охрана труда и окружающей среды;
- д) технико-экономические показатели строительства.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) представлены 6 слайдов презентации работы (чертежей):

Геологический разрез, схема метро, технология проходки перегонного тоннеля (чертежи проходки и транспортировки породы), схема возведения обделки и нагнетания тампонажного раствора, технико-экономические показатели строительства.

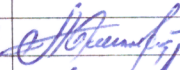
ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геологическая часть	15.02.2023г.	
Технология проходки перегонного тоннеля	06.03.2023г.	
Охрана труда и окружающей среды	17.04.2023г.	
Технико-экономические показатели строительства	15.05.2023г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты	Дата подписания	Подпись
Геологическая часть	профессор Алменов Т.М.	03.03.2023	
Технология проходки перегонного тоннеля	профессор Алменов Т.М.	14.04.2023	
Охрана труда и окружающей среды	ст.преподаватель Бектур Б.К.	05.05.2023	
Технико-экономические показатели строительства	ст.преподаватель Бектур Б.К.	29.05.2023	
Нормо контролер	вед.инженер Мендекинова Д.С.	30.05.2023г.	

Научный руководитель



Т.М.Алменов

Задание принял к исполнению обучающийся



Д.Ж.Сундетов

Дата « 15 » 02 2023 г.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы строительства Алматинского метрополитена.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: горно-геологические характеристики строительного участка, подготовительные работы строительства Алматинского метрополитена, технологические схемы строительства перегонного тоннеля, технология проходки среднего станционного тоннеля.

Дано описание проходческого цикла и его элементов: буровых работ при установке опережающего крепления, разработки грунта, погрузки и транспортирования пород и тубингов, возведения обделки. Составлен экономический расчет стоимости проходки перегонного тоннеля и изложены вопросы организации работ и техники безопасности.

В дипломном проекте основным разделом является строительство перегонного тоннеля, т.е. рассмотрено проектирование технологии строительства 600м протяженности тоннеля, соединяющие между станции «Сарыарка» и «Момышулы».

АНДАТПА

Дипломдық жоба Алматы метрополитенінің өтпелі тоннелі құрылысының технологиясын жобалауға арналған.

Өтпелі тоннель құрылысын қалқандық кешенді қолдана отырып өтпелі тоннель қазбасын салу жобасы қарастырылған.

Жобада аймақтың геологиялық сипаттамалары, өтпелі тоннелдерді қазып өту әдістері, метрополитеннің жерасы құрылыстарын салудың экономикалық көрсеткіштері, еңбекті және қоршаған ортаны қорғау туралы мәліметтер жобада қаралған. Жобаның арнайы бөлімі ретінде өтпелі тоннелдің құрылысын қалқанмен өту технологиясы алынды.

Жобада «Сарыарқа» және «Момышұлы» станцияларының арасын қосатын тоннелдің 600м ұзындығының құрылысын салу технологиясын жобалау қарастырылады.

ABSTRACT

In this diploma project, the issues of construction of the Almaty metro are considered.

The diploma project consists of the following sections: mining and geological characteristics of the construction site, preparatory work for the construction of the Almaty metro, technological schemes for the construction of a distillation tunnel, technology for the penetration of an average station tunnel.

The description of the tunneling cycle and its elements is given: drilling operations during the installation of advanced fastening, soil development, loading and transportation of rocks and tubing, construction of lining. The economic calculation of the cost of driving a distillation tunnel is made and the issues of work organization and safety are outlined.

In the diploma project, the main section is the construction of a distillation tunnel, i.e. the design of the technology for the construction of a 600m long tunnel connecting the stations "Saryarka" and "Momyshuly" is considered.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Геологическая характеристика	10
1.1 Введение	10
1.2 Физико-географические условия строительства	10
1.3 Геологическое строение района	12
1.4 Гидрогеологические условия	13
1.5 Физико-механические свойства грунтов	13
1.6 Инженерно-геологические условия строительства	14
2 Проходка перегонного тоннеля	15
2.1 План, продольный профиль	15
2.2 Описание и основные характеристики ТПМК	17
2.3 Технологические особенности проходки ТПМК с применением грунтопригруза	23
2.4 Методика расчета грунтопригруза	26
2.4.1 Определение расчетных нагрузок от горного давления	30
2.4.2 Расчет тубинговой конструкции	31
2.4.3 Транспортирование породы	32
2.4.4 Установки тубингов	32
2.4.5 Вентиляция	32
2.4.6 Освещение	34
2.5 Конструкция обделки перегонного тоннеля	34
2.6 Технология монтажа тоннельной обделки	37
2.7 Нагнетание за обделку, составы растворов	38
3 Охрана труда и окружающей среды	40
3.1 Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды	40
3.2 Общие положения	40
3.3 Требования к обслуживающему персоналу	41
3.4 Общие требования безопасности в зоне работы ТПМК	42
3.5 Требования к состоянию воздушной среды в зоне работы ТПМК	43
3.6 Правила безопасности при обслуживании гидравлической системы и электрооборудования	43
3.7 Кессонные работы	43
3.8 Требования пожарной безопасности	44
4 Технико-экономическая часть	46
4.1 Заработная плата	46
4.2 Стоимость материалов	47
4.3 Стоимость энергии	48
4.4 Стоимость амортизационных отчислений	49
4.5 Суммарные прямые затраты	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель строительства метрополитена – совершенствование транспортной инфраструктуры, увеличение объема пассажирских перевозок, расширение транспортных связей, развитие сопутствующей инфраструктуры, улучшение экологии в городе Алматы.

Строительство первого пускового участка началась 7 сентября 1989 года, когда был вынут первый ковш на месте будущей станции «Райымбек батыра». Первая очередь проходки первой линии началась в октябре того же года. Строительство тоннелей со стороны ст. Алатау началось в 1990 году. Проходка тоннелей была закончена в 2008 году на ст. Байконур.

В 2010 году ТЭО (технико-экономическое обоснование) второй очереди первой линии было утверждено в сентябре 2010 года. В марте 2011 года началась проходка перегонных тоннелей второй очереди.

Первый пусковой участок «Райымбек батыр»-«Алатау» был открыт 1 декабря 2011 года. Он состоял из 7 станций с протяженностью 8,5 км. 18 апреля 2015 года был открыт участок «Алатау»-«Москва» с двумя станциями и протяженностью 2,74 км. В июле 2015 года началось строительство второго пускового участка второй очереди с двумя станциями. 30 мая 2022 года был открыт участок «Москва» - «Бауыржан Момышулы», с двумя станциями и протяженностью 2,1 км.

Заказчиком по строительству метрополитена является Департамент по управлению коммунальной собственностью, который представляет ОАО «Алматыметрокурылыс».

Строительство подземным способом относится к наиболее сложным видам работ в метростроении, поскольку оно связано с устройством комплекса взаимосвязанных сооружений и раскрытием выработок большого сечения. Строительство ведут в такой технологической последовательности, чтобы не допускать осадок земной поверхности для сохранности зданий и сооружений, а также осадок подземных коммуникаций городского хозяйства, расположенных выше перегонного тоннеля или станции метро. Подвижки грунтового массива и проседание кровли выработок должны быть минимальными.

В данном дипломном проекте рассматривается более подробно технология и организация строительства перегонного тоннеля с применением ТПМК между ст. «Сары-Арка» и «Момышулы» с протяженностью 600 метров.

1 Геологическая характеристика

1.1 Введение

Первая ветка метрополитена в городе Алматы расположена на наклонной равнине конуса выноса между рек Малая Алматинка, Большая Алматинка и Весновка. Уклон на поверхности составляет на север 5-7 градусов, на запад 2-3 градуса. Особенность строительства метрополитена в городе Алматы в том, что имеет ряд сложных геотехнических факторов, которые представляют из себя:

- Сейсмическая активность в городе очень высока и достигает 9-10 баллов по шкале MSK-64.
- Рельеф является наклонным так как находится в районе межгорной впадины.
- Состав грунтов является разнообразным и слабо устойчивым, галечники имеют включения валунов почти до 3 метров в диаметре.
- Глубины заложения станционных тоннелей и перегонных станций разнообразны, есть районы мелкого заложения от 11 метров и глубокие составляющие 60 метров [1].

Несмотря на такие трудные условия в настоящее время высоким темпом ведется строительство второй очереди первой ветки метрополитена.

1.2 Физико-географические условия строительства

Алматы, это город, расположенный на юго-востоке Республике Казахстан в самом центре Евразийского континента, географические координаты которого: 43 градуса N (северной широты) и 77 градуса (восточной долготы), на северном хребте Тянь-Шаньских гор Алатау. Как и все горные системы, Тянь-Шаньские горы имеют широтное простираение. Северный Тянь-Шань имеет гребни хребтов свыше 4000 метров значительного протяжения, которые приходятся на территорию Заилийского Алатау, наивысшая точка составляет 4975 метров (пик Талгар). Вершины хребтов снежные и обледенелые, чередуются глубокими ущельями и впадинами [1].

Городские улицы простираются в основном на север и достигают высоты в 500 метров над уровнем моря, где климат заметно жарче и почвы во основном степные и даже полупустынные.

На юге же ближе к горам жилые массивы, расположенные в Каменском Плато и близ Медео, достигают отметки в 1800 метров над уровнем моря, здесь же климат намного прохладнее, где сказывается непосредственная близость ледников особенно в вечернее время.

Климат г.Алматы резко континентальный с большим перепадом суточных и годовых температур воздуха, а также из-за смен геоморфологических и гипсометрического положения отдельных участков образовались зоны со своим микроклиматом. Данное отличие особенно проявляется между южной равнинной зоной и северной горной местностью. Средняя температура воздуха

за год 8,7 градуса по Цельсию, наиболее холодным является январь месяц со средней температурой -7,9 градуса по Цельсию, самым теплым - июль со средней температурой воздуха +23 градуса по Цельсию.

Количество осадков за год - 629 мм, из них виде дождя 541мм. Снежный покров устойчиво образуется в декабре и разрушается в марте. Средняя толщина снежного покрова достигает до 30 см. Нормативная глубина промерзания крупнообломочных грунтов до 126 см, связных грунтов - 86см, вечномёрзлых грунтов нет. В ветровом отношении г.Алматы относится к спокойным, с преобладающими ветрами юго-западного направления с максимальными скоростями от 1,9 м/сек - зимой, до 28 м/с - летом [1].

Ветра на территории г.Алматы очень разнообразны. В предгорной зоне они чаще юго-восточные и южные, а в равнинных дуют чаще юго-западные ветра. В горах ветра так же разнообразны по времени суток, если днем они дуют с равнинной части вдоль ущелий с севера на юг, то вечером они дуют с преобладающе с гор, с юга на север.

Исследуемая территория расположена на пологой наклонной равнине, вытянутой полосой вдоль северного склона хребта Заилийского Алатау. В пределах всей линии метрополитена распространен аккумулятивный тип рельефа. В геоморфологическом отношении участок от станции Сары Арка до станции Момышулы расположен в пределах предгорного шлейфа, образовавшегося в результате слияния конусов выноса горных рек м.Алматинки, б.Алматинки и Каргалинки. Поверхность плоская, с уклоном от гор к равнине.

Осложнена поверхность речными долинами рек Каргалинка и б.Алматинка. Долина реки Каргалинка выражена плохо. Слабо прослеживаются пойменные участки. Левый берег реки крутой, правый пологий. Глубина вреза реки 1,5 - 3м. Борта крутые, с поверхности и до глубины 2,6 м сложены суглинками, глубже - валунными и галечниковыми грунтами с супесчаным, суглинистым и песчаным заполнителем. Берега реки облицованы железобетонными плитами [1].

Гидрографическая сеть представлена реками Большая Алматинка и Каргалинка. На юго-западе линия второй очереди строительства метрополитена пересекает реку Каргалинка. Площадь водосбора реки – 44,9км². Русло реки - относительно прямолинейное. Левый берег – крутой, подвержен размыву, высотой до 3м и правый берег - пологий, задернованный. Глубина вреза реки - до 1,5-3м, ширина 4-10м. Среднегодовой расход реки в многолетнем разрезе составляет 2,13м³/сек, максимальный - 8м³/сек, минимальный - 1м³/сек. Долина реки б.Алматинка имеет ширину - около 20м. Глубина вреза - 5-6м. Борта - крутые. Русло реки представляет из себя искусственное сооружение из бетона, обеспечивающее пропуск максимальных расходов. Среднегодовой расход реки в многолетнем разрезе составляет 5,03м³/сек, максимальный – 24,3м³/сек, минимальный – 2,05м³. Модуль поверхностного стока исчисляется в 17,3 л/сек с 1км² при общей площади водосбора 290км².

Реки относятся к горному типу с весенне-летним половодьем. Начинается половодье в конце марта - апреле и заканчивается в августе - сентябре.

Дата прохождения наибольших расходов непостоянна. Прохождение максимумов стока определяется наложением ливневых дождей в период интенсивного таяния снежников и ледников. Межень на реках начинается в конце августа - сентябре и заканчивается в марте. Летне-осенняя межень высокая, неустойчивая [1].

1.3 Геологическое строение района

Город Алматы расположен в пределах полого-наклонной равнины, вытянутой вдоль северного хребта Заилийского Алатау. Геология Заилийского Алатау является весьма сложной и разнообразной. Их состав обусловлен интрузивными магматическими породами расплавленной, а затем застывшей магмы, такими как граниты, гранодиориты, сиениты, диориты и мощные глубинные осадочные породы, представленные глинами, лессовидными суглинками, известняками и галечниками. Осадочные породы чаще образуются в результате разрушения, образования магматических пород и их отложения, естественного процесса гниения останков животных и растений. А также встречаются метаморфические горные породы- сланцы, гнейсы и липариты, измененные движением земной коры, глубинным давлением, действием подземных газов и растворов осадочные и интрузивные породы, залегающие на глубоких горизонтах. В геологическом строении района принимают участие отложения различного возраста от палеозойских до современных. Палеозойские отложения залегают на глубине 2000 м, представлены эффузивно осадочной толщей карбоната. На палеозой залегает мощная толща озерных отложений, палеоген-неогенового возраста, которые перекрываются рыхлыми четвертичными отложениями мощностью 400-500м [1].

В тектоническом отношении район представляет собой межгорную впадину, образовавшуюся путем опускания по системе глубоких разломов. В структурном отношении впадина отвечает опущенному тектоническому клину на сопряжении разломов Алматинской и Бородайской систем. Территория г.Алматы по схеме сейсмического районирования состоит из двух районов с сейсмической активностью 9 и более баллов.

Район 1 - на севере пр.Райымбека, на востоке - р. Малая Алматинка, на юге нижние предгорные прилавки, на западе черта города. Этот район характеризуется развитием толщи валунно-галечных отложений конуса выноса с уровнем грунтовых вод на глубине 38-61 м. Район 2 охватывает часть г.Алматы, севернее пр.Райымбека. Характеризуется более мощными покровными отложениями лессовидных суглинков (3-30 м) небольшой глубиной залегания уровня грунтовых вод (4-10 м). В районе пр.Райымбека в северной верхней части четвертичных отложений уменьшается содержание валуно-галечника и возрастает количество линз и слоев суглинка. Крупноблочные отложения перекрываются лессовидными суглинками, местами просадочными мощностью до 4 м [1].

1.4 Гидрогеологические условия

Склоны хребтов имеют многочисленные борозды эрозии, на которых нередко явления снежных лавин и водные потоки, нередко вызывающие оползневые сходы и даже в сели, обозначая, что данная эрозия, образованная ледниками и горными водными потоками, является причиной образования крупных ущелий и их более мелких ответвлений, что и явилось основным образования рельефа Заилийского Алатау.

Исходя из вышеизложенного очевидно, что Гидрографическая инфраструктура северной части склонов Заилийского Алатау района развита хорошо и состоит из двенадцати малых и больших рек которые берут свое начало на вершинах состоящих вечных ледников и снежных шапок на высоте более 2000 метров, и на равнине где подземные воды берут свое начало в зоне выклинивания и конусов выноса на высоте менее чем 1000 метров.

Первый тип рек- горный, второй- предгорный и третий- равнинный. Реки этих типов отличаются источниками питания и режимом. Высота водосбора является главным фактором, от которого в основном зависит тип реки, характер питания, и ее режим.

Город Алматы расположен в пределах полого-наклонной равнины, вытянутой вдоль северного хребта Заилийского Алатау. Южные кварталы его расположены в пределах низкогорья, северные - размещаются на полого наклонной равнине. Уклон поверхности до 5° на север. Рельеф слабо волнистый, с останцевыми буграми и грядами, а также не глубокими, в значительной степени спланированными, оврагами и долинами мелких рек.

Район строительства первой очереди метрополитена расположен на южной границе Заилийского артезианского бассейна, весьма водообилён. С начала строительства уровень грунтовых вод был на глубине 90-100 м. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-натриевого и кальциевого типа, не агрессивны к бетонам. Коэффициент фильтрации в среднем 47,6 м/сутки.

Вдоль трассы линии метрополитена, между проспектом Абая и Райымбека, перепад отметок поверхности достигает 100 м, а уклон поверхности - 0,035°. По расположенному в субширотном направлении проспекту Абая перепад отметок поверхности между станциями Абай и Алатау - 46,5 м [1].

Пересекаемые трассой метрополитена долины рек Весновка и Поганка не широкие и оформленные железобетонными лотками.

1.5 Физико-механические свойства грунтов

На строительстве первой очереди метрополитена крупноблочные грунты являются преобладающим видом грунтов. Отдельные валуны могут достигать нескольких метров в диаметре. Валуны и галечники хорошо обкатаны. Песок преимущественно кварцевый от крупного до мелкого. Влажность заполнителя 3-7%. Физико-механические свойства грунтов не зависят от глубины их залегания.

Температура грунтов на глубине 20-40 м от 12 до 18 С [1].

Плотность - 0,5 до 2,26 т/м³.

Угол внутреннего трения - 18-19 град.

Удельное сцепление - 40-45 кПа.

Модуль деформации - 11-12 мПа.

Коэффициент Пуассона - 0,35.

Коэффициент Протоджяконова - 1,2.

Условное расчетное сопротивление - 190 кПа.

1.6 Инженерно-геологические условия строительства

Основной задачей инженерно-геологических изысканий для обоснования проектирования и строительства метрополитена являлся комплекс мероприятий для изучения геологических характеристик района, позволяющее правильно и экономично проектировать, строить и эксплуатировать метрополитен. В результате изысканий должна быть получена информация о строении и составе горного массива, о гидрогеологической обстановке.

На основе данного комплекса работ по инженерно-геологическому изысканию производилась разработка предпроектной документации для осуществления строительства не только метрополитена, но также проектная и рабочая документация для гражданского и промышленного строительства и возможность привлечения инвестиций в строительство на данном участке работ.

Инженерно-геологические изыскания были необходимы и обоснованы для детальной геологической, физико-механической и гидрогеологической изученности данного участка производства работ. Данные виды работ помогли выявить характеристики грунтов и их несущей способности, а также коррозионной активности для прогноза их изменчивости при строительстве и эксплуатации проектируемых зданий и сооружений, был разработан комплекс мероприятий по защите конструкций от неблагоприятных влияний геологической среды и физико-геотехнических процессов. По полученным данным были определены наиболее целесообразные и экономически выгодные конструкции и глубины заложения фундаментов где были учтены все неблагоприятные факторы, которые могут оказать влияние на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений [1].

В целом инженерно-геологические условия обследуемых объектов метрополитена на данном участке оцениваются как условия благоприятные.

2 Проходка перегонного тоннеля

Для проходки перегонных тоннелей используется щитовой комплекс Херренкнехт. Щитовой комплекс включает проходческий щит, оборудование для возведения обделки, технологическую платформу, на которую монтируют перегрузочный и ленточный контейнеры для погрузки породы в самосвал, оборудование для тампонажных работ, гидравлическое и электрическое оборудование [2].

Передвижение щита осуществляется следующим образом. После разработки породы перед ножевым кольцом на глубину заходки включают щитовые гидравлические домкраты, штоки которых упираются в ножевое кольцо крепи, в результате чего щит передвигается вперед в свободное пространство. При движении щита порода частично по контуру выработки срезается его ножевой частью. После перемещения щитового комплекса на новую заходку штоки щитовых домкратов убирают в исходное положение и под защитой оболочки хвостовой части возводят постоянную крепь из сборных железобетонных элементов и за пределами щита за обделку нагнетают тампонажный раствор.

2.1 План, продольный профиль, инженерно-геологические условия

План. Трасса 1-ой очереди метрополитена начинается у портала на территории проектируемого депо в районе садовых участков на окраине г.Алматы. От первой станции Райымбек (ПК 05+58,00) трасса идет по прямому участку вдоль ул.Фурманова, где предусмотрены ст.Жибек Жолы и ст. Алмалы, а затем сворачивает под прямым углом по кривым и выходит к проспекту Абая (ПК 39). Далее от ст.Абай трасса направляется вдоль проспекта, где предусмотрены ст.Байконур, ст.Тулпар и конечную ст. Алатау на ПК 82+21,00. На всем протяжении трасса проходит в озелененной зоне жилой застройки с домами в среднем в 3 - 5 этажей и отдельными 8-9 этажными зданиями и сооружениями общественного назначения.

Трасса пересекает ряд улиц и большое число подземных коллекторов и коммуникаций, в том числе кабели, линии напорной канализации, теплосети, водопровод и водостоки. Указанные подземные сооружения и коммуникации предъявляют особые требования по обеспечению безосадочности проходки.

Участок щитовой проходки начинается перед ст.Алмалы от ПК 26 + 65,15, проходит через ст.Абай и оканчивается за ст.Байконур на ПК 56 +43,00. Общая протяженность первой проходки щитом ф. Херренкнехт составляет 2978 м [3].

Профиль. Характер продольного профиля продиктован рельефом местности и наличием линий тектонических разломов, а на начальном участке трассы (ПК -04+20,00 - ПК-01+00,00) - возможно близким расположением к поверхности уровня грунтовых вод (от 1,5 до 5м по данным 1988г.).

Характерной особенностью рельефа является то, что при развертывании профиля в одной плоскости грунтовый массив приобретает вид почти

симметричной возвышенности, на вершине которой расположены выходы ст.Абай. Правый склон со стороны депо имеет средний уклон примерно 30% при перепаде высот между ст.Райымбек и ст.Абай в 100м. На левом склоне с уклоном 12% перепад высот между конечной ст.Алатау и ст.Абай составляет около 50м.

На участке от портала до ПК 19+60 профиль линии метрополитена близок к горизонтальному. Затем, вплоть до ст.Байконур трасса идет на подъем, прерываясь почти горизонтальными станционными площадками. Уклоны промежуточных участков подъема составляют округленно от 15 и 20‰ до 40‰. На последующем участке от ст.Байконур профиль представляет собой спуск под 35‰ к ст.Тулпар, а от нее ведет подъем с уклоном 35‰ к конечной станции Алатау. Ст.Тулпар находится в «яме», так как профиль пересекает более благоприятный участок зоны тектонического сдвига шириной 800м. Участки профиля сопрягаются вертикальными кривыми радиусами 1000, 2000 и 5000 м.

Участок проходки щитом «Херренкнехт» находится в достаточно сложных условиях сооружения тоннеля вдоль пространственной кривой, где накладываются друг на друга плановые кривые и кривые продольного профиля.

Как следует из вышеприведенного материала, при разработке продольного профиля метрополитена учтены нормативные требования и местные условия.

Инженерно-геологические условия. Для получения геологической информации вдоль трассы метрополитена был использованы материалы ряда инженерно - геологических изысканий, проведенных с 1960г. по н.вр. с использованием бурения скважин, устройством шурфов и шахт. На всем протяжении 1-ой очереди метрополитена строение грунтового массива, состав и свойства грунтов носят однообразный характер.

С поверхности вскрыты насыпные грунты, представленные строительным мусором, суглинками с растительными остатками, галечником, валунами. Мощность покровного слоя колеблется от 0,5 м до 2,0-2,1м. Ниже местами расположены суглинки мощностью до 1-3 м [2].

Насыпные грунты и суглинки подстилаются мощной толщей четвертичных отложений, представленных аллювиальными и првлювиальными галечниковыми грунтами с включениями валунов. Галечники плотные слежавшиеся маловлажные с песчано-суглинистым заполнителем. Валунны размером 300 - 500мм и реже до 600 - 700мм, хорошо окатанные, гранитного происхождения, прочные и деструктивные занимают 20 - 40 % от общего объема грунта. Галечнико - валунные отложения общей мощностью в сотни метров, вмещающие 1-ую очередь метрополитена, являются продуктами выноса разрушенных пород горного массива г.Алматы.

Галечниковые грунты в зоне заложения перегонов и станции не засолен и не обладает агрессивным воздействием на бетон и арматуру. Гидрогеологические условия на участке строительства исторически сформированы факторами развития горообразующей системы Заилийского

Алатау. Главный уровень подземных вод располагается на глубине 500м от поверхности. Уровни фильтрующей со стороны горного хребта Алатау воды находятся существенно ниже метрополитена и понижаются с каждым годом ввиду артезианского ее отбора. Верховодка и повышения уровня фильтрующей воды отмечается в весеннее - летний период при таянии снегов. Следует отметить, что в этот период в 60-ые годы наблюдались УГВ выше уровня верха тоннелей на участке от ПК23 и до депо. В настоящее время вероятный участок водонасыщенных грунтов, вмещающих тоннели, расположен от ПК03 до портала [2].

Требуемыми внимания являются участки близости тоннельных сооружений к арыкам и другим фильтрующим поверхностным водоотводам.

Общая оценка инженерно-геологических условий принимается как условно благоприятная для сооружения метрополитена, за исключением указанного начального участка обводненных пород, где следует рассматривать условия как неблагоприятные.

Участок щитовой проходки полностью расположен в необходимых грунтах. Оценка инженерно-геологической обстановки, как условно благоприятной, вызвана тем, что отсутствуют данные о характере разработки гравийного грунта роторным щитом.

2.2 Описание и основные характеристики тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) со щитом $\varnothing = 5,86$ м

Тоннелепроходческий механизированный комплекс разработан фирмой «Херренкнехт» в соответствии с заданными геологическими и гидрологическими условиями сооружения 1-ой очереди метрополитена г.Алматы и предназначен для проходки закрытым способом левого перегонного тоннеля в необходимых галечниковых грунтах с включениями валунов. Рабочий орган ТПМК, оснащенный резцовым инструментом для разработки мягких грунтов, снабжен также дисковыми шарошками, способными разрушать валуны (размером 300 - 400 мм и более).

Главным проходческим агрегатом ТПМК является механизированный щит с активным грунтовым пригрузом, обеспечивающий сооружение тоннелей в слабоустойчивых грунтах (поведение галечниковых грунтов при силовом воздействии рабочего органа может быть установлен только после пуска щитового комплекса), в том числе и под гидростатическим давлением. ТПМК $\varnothing=5,86$ м состоит из собственно проходческого механизированного щита и защитного комплекса оборудования [2, 3, 4].

Щит. Несущей конструкцией щита является двухсекционный корпус, состоящий из передней секции - ножеопорного кольца и задней - хвостовой оболочки, шарнирно соединенной с передней секцией, что позволяет обеспечить их взаимный поворот на угол 5-6° для лучшего вписывания щита в кривую трассы. Ножевое кольцо от остальной части щита отделено герметичной диафрагмой, образующей призабойную камеру, заполненную разработанным

грунтом. В камеру, а также в забоя подведены трубопроводы, через которые подается бентонитовый раствор и жидкие добавки, кондиционирующие разработанный грунт, то есть улучшающие его свойства подвижности, снижающие налипаемость и т.д. Для борьбы с твердыми включениями в верхней части корпуса щита установлены муфты, через которые в случае необходимости пропускают буровой инструмент. В диафрагму встроены людской и материальный воздушные шлюзовые аппараты. Таким образом, если встречаются водонасыщенные грунты, доступ в призабойную камеры обеспечивается под сжатым воздухом [2, 4, 5].

Роторный рабочий орган размещается полностью перед ножевым кольцом. Ротор в виде планшайбы полузакрытого типа имеет восьмилучевую конструкцию. Между крупногабаритными лучами образуются свободные промежутки - восемь радиальных окон, через которые разработанный грунт поступает в призабойную камеру.

Лучи ротора оснащены комплексным *породоразрушающим инструментом*: четыре луча с двух сторон - противоположно направленными усиленными резцами-зубьями, укрепленными твердосплавными вставками-штырями. Такая схема обеспечивает возможность разрабатывать забой при вращении ротора в любом направлении. На остальных четырех лучах установлены лобовые двухдисковые шарошки, способные разрушать валуны. Кроме того, по контуру ротора закреплены периферийные контурные резцы, как ножевого типа, так и дисковыми шарошками.

Привод ротора включает восемь гидродвигателей, главный подшипник с внутренним и внешним уплотнениями и зубчатую передачу, подвижную кольцевую обойму в жесткозакрепленном корпусе привода. Через герметичную диафрагму проведен трубопровод для подачи бентонитового раствора, пены или воды в призабойную камеру.

По центру ротора помещен трубопровод для подачи раствора или воды в забой через центр и насадки в роторных лучах. На боковых стенках камеры консольно прикреплены стальные полосы для разрыхления поступающего из забоя грунта.

Щитовые домкраты в количестве 24 сдвоены и парные штоки прикреплены к одной опорной колодке. Последние размещаются в опорном кольце с равным шагом.

Хвостовая оболочка связана телескопически с опорным кольцом корпуса при помощи гидродомкратов артикуляции с малым ходом, установленных в промежутках между щитовыми домкратами. Выдвижением в определенном порядке штоков домкратов артикуляции оболочки достигается требуемое отклонение продольной оси щита от оси оболочки.

Для герметизации строительного зазора в оболочке смонтированы три ряда щеточного уплотнения. К кольцевым камерам между щетками подведены четыре группы трубопроводов консистентной смазки из восьми каналов, сведенных попарно. Кроме того, в оболочке устроены четыре трубопровода подачи тампонажного раствора за обделку при передвижении щита.

Шнековый транспортер для выдачи разработанного грунта размещен в закрытом кожухе телескопической конструкцией, позволяющей позиционировать разгрузочное окно шнека над приемным устройством ленточного транспортера при движении щита.

Разгрузочное окно закрывается шиберным затвором. Частота вращения шнека переменная, что обеспечивает регулирование скорости отбора грунтовой массы из призабойной камеры и, тем самым, регулирование давления грунтопригруза [3, 4].

Защитовой комплекс оборудования.

Блокоукладчик однорычажный кольцевого типа с захватом размещен на консольной опоре, выступающей в сторону тоннеля от задней несущей рамы корпуса щита. Блокоукладчик при помощи гидроцилиндров перемещается по консольной опоре вдоль продольной оси щита.

Блоки обделки при помощи перестановщика блоков подаются на платформу автономного питателя.

Последний перемещает их под блокочек. На блокочке предусмотрены ступенчатые рабочие площадки для проходчиков, монтирующих обделку. Через внутреннее пространство кольцевого рычага блокочка проходят шнековый транспортер и трубопроводы различного назначения.

Консольную опору блокочка и 1-ую технологическую тележку связывает мост, расположенный над горизонтальным диаметром тоннеля.

Мост по нижнему поясу оборудован двумя монорельсами, по которым перемещаются кран - перестановщик с траверсой для переноса блоков обделки с блокочка на питатель, рельсов.

Мост одновременно предназначен для поддержания трубопроводов, подвески кабелей и т.д., передачи на технологические тележки тягового усилия от щита, размещения пенлгенераторов. Вдоль моста проложена вентиляционная труба [4].

Технологическая платформа №1 на колесном рельсовом ходу служит для размещения: а) двух растворонасосов для нагнетания за обделку; б) емкости под раствор; в) бака гидросистемы; г) бака для ликвидной жидкости; д) насоса консистентной смазки; е) насоса уплотнительной массы для щеток; ж) пульт управления ТПМК,

Технологическая платформа №2 содержит: а) гидравлический бак №1; б) гидравлический бак № 2; в) главный распределитель; г) контур фильтро-охлаждающей системы.

Технологическая тележка №3 предназначена для размещения: а) трансформатора; б) переходных устройств: от ленточного транспортера к поперечному транспортеру, от поперечного транспортера к тоннельному транспортеру.

Технологическая тележка №4 несет на себе: а) вторичную вентиляционную секцию; б) насос для нагнетания раствора; в) бак для грязной воды; г) кассета венттруб.

Основные данные ТПМК Ø= 5,86 м фирмы «Херренкнехт»

длина (щитовой проходки), м	около 3000
радиус кривой (минимальный), м	230
<i>Обделка из универсальных клиновых колец:</i>	
диаметр наружный, мм	5600
диаметр внутренний, мм	5100
ширина кольца (средняя), мм	1000
число блоков в кольце, шт.	7+1
материал	железобетон (В 40)
масса блока:	
нормального, т	1,75
смежного, т	1,5
ключевого, т	0,4
масса кольца, т	10,4
<i>Тоннелепроходческий щитовой комплекс:</i>	
<i>Щит:</i>	
тип	(EPB) с грунтопригрузом
давление пригруза, МПа	0,3
<i>Корпус щита:</i>	
диаметр (с твердым покрытием), мм	5860
длина (без хвостовой оболочки), мм	4060
длина (с хвостовой оболочкой), мм	7280
<i>Щитовые домкраты:</i>	
число, шт.	24
число домкратов с измерением продвижения, шт.	4
диаметры цилиндра, мм	220/180
рабочее давление, МПа	35
ход, мм	1700
скорость выдвижения, мм/мин	100
суммарное усилие, кН	30107
<i>Роторный орган:</i>	
тип	закрытый, с четырьмя рабочими двухсторонними лучами и приемными окнами
диаметр, мм	5870
частота вращения, об/мин	0-3
направление вращения	реверсивное
масса (с инструментом), т	52,2
<i>Привод ротора:</i>	
тип	гидравлический
число гидродвигателей, шт.	8
диаметр внешний, мм	2600
крутящий момент, максимальный, кНм	3600

крутящий момент, трогания, кНм	4200
установленная мощность привода, кВт	800
масса, т	34,05

Породоразрушающий инструмент:

дисковые шарошки с одним режущим венцом, шт.	4
дисковые шарошки с двумя режущими венцами, шт.	13
дисковые шарошки (с двумя венцами) режущего центра, шт.	4
резцы уширенные, шт.	54
максимальное давление сжатого воздуха, МПа	0,3

б) материальный:

диаметр внутренний, мм	600
------------------------	-----

Хвостовая оболочка:

тип	отклоняемая
диаметр наружный, мм	5830
длина, мм	3220
толщина оболочки, мм	30
уплотнение строительного зазора	щеточное трехрядное
каналы консистентной смазки, шт.	2x4
каналы нагнетания раствора за обделку, шт.	4
диаметр канала нагнетания, мм	30

Система артикуляции - отклонения оболочки от оси щита (шарнир щита):

число гидроцилиндров артикуляции, шт.	12
размеры гидроцилиндров, мм	180x80
ход штока, мм	150
общее усилие обратного хода, кН	8577
максимальное давление рабочей жидкости, МПа	3,5
число измерителей перемещения штока, шт.	4

Система нагнетания раствора за обделку:

число нагнетательных отверстий, шт.	4
число растворонасосов, шт.	2
подача растворонасоса, м ³ /ч	27
емкость растворомешалки ТПК, м ³	4,5

Шнековый транспортер:

Тип	составной, телескопический
Диаметр номинальный, мм	700
Частота вращения, об/мин	22
Крутящий момент максимальный, кНм	190
Крутящий момент трогания, кНм	225
Установленная мощность, кВт	200

Защитовой комплекс оборудования:

Блокоукладчик:

тип	кольцевой
-----	-----------

система крепления блока	механический захват
число степеней свободы	6
осевое перемещение, мм	1800
радиальное перемещение, мм	1200
угол поворота рычага, град	+/- 200
подъемная сила, кН	380
масса, т	21
<i>Ленточный транспортер комплекса:</i>	
Длина (от шнекового транспортера до поперечного ТТЗ), м	42
Ширина, мм	700
Скорость, м/с	2,5
Производительность, т/ч	450
Установленная мощность, кВт	30
<i>Поперечный транспортер ТТЗ:</i>	
Длина, м	5
Ширина, мм	1200
Скорость, м/с	2,5
Производительность, т/ч	450
Установленная мощность, кВт	22
<i>Накопитель блоков обделки:</i>	
число блоков, шт.	3
<i>Мост:</i>	
Число пеногенераторов, шт.	5
<i>Технологические тележки:</i>	
Число, шт.	4
<i>а) технологическая тележка № 1:</i>	
число растворонасосов для нагнетания, шт.	2xKSP 12
емкость под раствор для нагнетания за обделку, м ³	4,5
масляный бак, л	520
бак для отходов, л	1000
насос уплотнительной массы, поступающей в	
щеточное устройство, расход	1 ч/200-л. бочки
насос консистентной смазки, расход	1 ч/200-л. бочки
кабина с пультом управления, шт.	1
<i>б) технологическая тележка № 2:</i>	
бак гидросистемы 1, л.	2600
бак гидросистемы 2, л.	520
главный распределитель контур фильтро -	
охлаждающей системы	
<i>в) технологическая тележка №3</i>	
трансформатор	
переходная цепь: ленточный транспортер	
комплекса- поперечный транспортер -	
тоннельный транспортер	

г) технологическая тележка № 4:

вторичная система вентиляции; диаметр, мм	600
насос подачи раствора, м ³ /ч	17 при 50 Гц
бак жидких отходов, л	2000
накопитель венттруб, емкость п.м.	100

Дополнительное оборудование:

управляющая и навигационная системы	SLS T-APO
-------------------------------------	-----------

Установленная мощность ТПК, кВт:

Привод режущего ротора (2 х 400)	800
Шнековый транспортер / блокоукладчик	200
Насос трансмиссионного масла	4
Насос для консистентной смазки	0,4
Насос для охлаждающей воды	7,5
Рециркуляционный насос	185
Насос для подачи раствора	11
Растворомешалка	5,5
Устройство высокого давления	4
Насос подачи полимеров	0,4
Насос подачи воды (пены)	7,5
Вторичная вентиляционная система	15
Гидравлическая система щитовых домкратов	75
Управляющий маслонасос	5,5
Контур системы фильтро-охлаждения 1	11
Контур системы фильтро-охлаждения 2	45
Ленточный транспортер комплекса	30
Поперечный транспортер	22
Общая установленная мощность	1252 кВт
Длина общая, м	66

2.3 Технологические особенности проходки ТПМК с применением грунтопригруза

Тоннелепроходческий механизированный комплекс Ø=5,86м фирмы «Херренкнехт» изготовлен в соответствии с разработанной фирмой типовой принципиальной схемой, относящейся к категории щитов «Mixshield», конвертируемой в три типа щитов: а) с гидропригрузом (slurry shield); б) с грунтопригрузом (EPB shield - earth pressure balance shield); в) с открытым забоем или при наличии планшайбы - с механическим пригрузом (open-faced shield).

Выбор типа щита зависит от инженерно-геологических условий. Принятый щит для г.Алматы с активным грунтовым пригрузом может работать без каких-либо изменений с использованием следующих основных технологий:

- с технологией проходки с активным грунтовым пригрузом (EPB), необходимым в слабоустойчивых и/или водоносных галечниковых отложениях,

не гарантирующих стабилизацию грунтового массива;

- с технологией открытого забоя (open face), не требующего применения грунтопригруза в случае устойчивого состояния вполне прочных галечниковых отложений [4, 6].

При проходке тоннеля с использованием основной технологической схемы активного грунтопригруза предусматривается три режима:

- *режим 1 - подготовительный*, состоящий в прокачке в призабойной камере свежеприготовленной бентонитовой суспензии (том числе, при необходимости - со спецдобавками) до начала разработки забоя в целях создания в призабойной камере требуемого противодавления;

- *режим 2 - основной*, состоящий в разработке грунта роторным органом с активным грунтовым пригрузом забоя под давлением, надежно обеспечивающим его устойчивость. Образующая при кондиционировании грунта повышенная подвижность способствует его отбору шнеком из призабойной камеры в виде пластической массы.

- *режим 3 - кессонный*. Применяется только в случае неустойчивого забоя при вероятности его обрушения или в случае водонасыщения грунтов, приводящих к потере стабилизации забоя. В этом режиме реализуется возможность выхода людей в призабойную камеру для осмотра, технического обслуживания или ремонта роторного органа, замены породоразрушающего инструмента, ликвидации негабаритных валунов и других работ. Предварительно осуществляют прокачку бентонитового раствора для создания гарантированной толщины бентонитовой пленки (корки) на поверхности забоя (не менее 30-40 мм).

В случае *устойчивого забоя*, при котором отпадает необходимость применения пригруза, используется *технологическая схема открытого забоя*. В таких условиях нагнетание бентонита в призабойную камеру может оказаться также необходимым для пластификации разработанного грунта в целях снижения потребной мощности привода ротора, а также сопротивления транспортирования грунта шнеком.

В основном режиме работы щита проходческий цикл состоит в выполнении комплекса операций по сооружению отрезка тоннеля, соответствующего одному кольцу обделки, и включает два периода:

- разработку грунта забоя;
- монтаж очередного кольца обделки.

Состав и последовательность рабочих операций, поддержание и регулирование параметров всех задействованных систем, устройств и приборов при осуществлении всех трех указанных технологических режимов работы ТПМК должны устанавливаться и выполняться машинистом щита и обслуживающим персоналом в соответствии с указаниями технадзора, сменного маркшейдера, показаниями управляющей аппаратуры и действующими правилами «Инструкции по эксплуатации ТПМК» фирмы «Херренкнехт».

Разработка грунта забоя ротором ТПМК должна производиться согласованно и синхронно с продвижением щита под усилием щитовых

домкратов, отбором грунта шнеком и подачей бентонитового раствора в призабойную камеру с поддержанием установленного значения давления гидропригруза. [2, 7].

Разработка забоя осуществляется ротором. Грунт отделяется от массива посредством уширенных резцов-зубьев, установленных на роторе по обеим сторонам лучей и направленных своими режущими кромками в противоположные стороны для обеспечения реверсирования работы ротора.

Ротор вращается вокруг своей оси с регулируемой частотой от 0 до 3 об/мин.

Расположенные на лучах ротора лобовые дисковые шарошки вступают в работу при необходимости разрушения крупных камней и валунов, встречающихся в грунтовом массиве.

Расположение резцов и шарошек позволяет поражать всю поверхность забоя при полном обороте ротора.

На периферии ротора размещены копир-шарошки, а также контурный резец, обеспечивающие эксцентричную подработку контура забоя или увеличение диаметра бурения. Копир-шарошки включаются в работу для изменения направления передвижения щита при проходке на кривых, а также при выправлении плано-профильного положения щита.

В основном штатном режиме проходки разработку грунта забоя осуществляют при условии отсутствия локальных вывалов породы или обрушения части забоя и заклинивания роторного органа, что обеспечивается сохранением кольматированного слоя обнаженного грунта на поверхности забоя и закрепляющей его бентонитовой корки [2, 3].

В процессе разработки забоя машинист щита должен обеспечивать необходимые режимы работы оборудования: давление и скорость выдвижения щитовых гидродомкратов регулируется с пульта управления и определяется задаваемым направлением перемещения щита при обеспечении синхронности со скоростью вращения шнека при отборе грунта;

- скорость вращения и крутящий момент ротора регулируется с пульта управления и определяется задаваемой производительностью проходки и свойствами разрабатываемых грунтов;

- давление пригруза забоя поддерживается и регулируется с пульта управления и определяется заданным давлением пригруза забоя по трассе тоннеля.

При передвижении щита и комплекса отключение части щитовых домкратов выполняется машинистом согласно показаниям приборов или требованию маркшейдера.

В процессе продвижения щита производится синхронное нагнетание тампонажного раствора через четыре трубопровода, вмонтированных в хвостовую оболочку щита. Состояние и готовность к работе трубок для нагнетания определяется тщательным соблюдением правил их промывки и содержания.

Особого внимания требует к себе щеточное уплотнение строительного

зазора оболочки щита. Для длительной их службы в процессе монтажа тоннельной обделки надлежит сохранять постоянство расстояния между наружной поверхностью кольца обделки и внутренней поверхностью оболочки щита. Во время сооружения тоннеля необходимо практически непрерывно нагнетать в пространство между рядами щеток консистентную смазку под давлением [3, 4].

По окончании смены основные итоговые показатели операций проходческого цикла и выполненных работ записываются в порядке, установленном руководством строительной организации.

2.4 Методика расчета грунтопригруза

Используется методика, разработанная Филиалом ОАО ЦНИИС "НИЦ «Тоннели и метрополитены».

Методика базируется на результатах многолетних исследований (на физических моделях и в натурных условиях) устойчивости забоя при проходке тоннелей проходческими щитами с активным пригрузом забоя (щитами с бентонитовым пригрузом - Slurry-щиты) и щитами с грунтовым пригрузом (ЕРВ-щиты).

В методике учтены опыт и рекомендации фирмы Wayss & Freytag AG в части применения щитов с жидкостным (бентонитовым) пригрузом и фирмы LOVAT в части применения щитов с грунтовым (пеногрунтовым) пригрузом. Кроме того, использован отечественный опыт проходки транспортных тоннелей щитами с активным пригрузом забоя на следующих объектах, где данная методика была успешно апробирована:

- Перегонные тоннели Люблинской линии Московского метрополитена (щит с бентонитовым пригрузом).
- Перегонные тоннели Бутовской линии Московского метрополитена (щит с грунтовым пригрузом).
- Перегонные тоннели Казанского метрополитена (щит с грунтовым пригрузом).
- Перегонные тоннели Московского мини-метро (щит с грунтовым пригрузом).
- Лефортовский и Серебряноборский транспортные тоннели в Москве (щит диаметром 14.2 м с бентонитовым пригрузом) [2, 3, 7].
- Серебряноборский сервисный тоннель диаметром 6,28м.

Цель определения требуемого давления пригруза забоя - не допустить по трассе проходки опасных подвижек и разуплотнений массива, которые могут привести к потере забоем устойчивости или обусловить недопустимую осадку поверхности земли над тоннелем.

При назначении давления пригруза следует учитывать:

- глубину заложения трассы тоннеля;
- особенности сложения массива (однородность грунта, наличие пластов с разными физико-механическими свойствами, наличие локальных

неоднородностей, коммуникаций и пр.);

- гидрогеологические свойства пород (грунтов), слагающих массив (наличие водоупорных и водоносных слоев);

- величину давления грунтовых вод (УГВ, действующих напорных горизонтов и пр.);

- физико-механические характеристики грунтов массива (в методике используются угол внутреннего трения φ и сцепление c);

- возможные технологические отклонения в сторону уменьшения от номинального значения суммарного давления на забой домкратов передвижки щита (с учетом выполнения требований к ведению щита, см. Руководство по эксплуатации щита) [2, 3, 7, 8].

По опыту эксплуатации щитов с активным (грунтовым или жидкостным) пригрузом давление пригруза P назначают по формуле (1):

$$P \geq P_w + P_{ГОР}, \quad (1)$$

где P_w - расчетное значение давления грунтовых вод в забое на рассматриваемом уровне;

$P_{ГОР}$ - расчетное значение бокового давления грунта в забое на рассматриваемом уровне.

Давление грунтовых вод P_w , которое должно быть уравновешено пригрузом, следует принимать с коэффициентом надежности 1,1.

Если забой щита расположен в глинах и проницаемость этих грунтов не создает в забое свободного водного притока, требующего учета P_w как отдельной составляющей уравновешиваемого пригрузом бокового давления в забое, то давление P_w отдельно от давления грунта $P_{ГОР}$ не рассматривают. Значение бокового давления грунта $P_{ГОР}$ вычисляют по формуле (2):

$$P_{ГОР} \geq \lambda \times P_{ВЕРТ}, \quad (2)$$

где λ - коэффициент бокового давления грунта, при котором сопротивление пригруза, равное $P_{Прп}$, сможет воспрепятствовать образованию деформаций грунта по трассе проходки. Принимают $\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ для жесткопластической и $\lambda = (1 - \sin \varphi)$ для упругопластической модели. Выбор модели $\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ или $\lambda = (1 - \sin \varphi)$ - определяется условиями заложения тоннеля и, в частности, наличием в зоне влияния проходки ответственных сооружений.

$P_{ВЕРТ}$ - вертикальное давление грунта на расчетном уровне в забое, для которого определяют значение $P_{ГОР}$. Предполагается возможность образования локальных вывалов [8].

Величину вертикального давления грунта $P_{ВЕРТ}$ на уровнях выше шельги свода тоннеля определяют, принимая вертикальное давление от вышележащих грунтов с учетом эффекта «зависания» столба давящих грунтов над тоннелем («арочного эффекта», по интерпретации фирмы LOVAT).

Примечание - Фирма LOVAT для щитов среднего диаметра (5,6 – 6,6 м) с грунтовым пригрузом в случае, если тоннель заложен на глубине менее трех

диаметров щита (считая от поверхности земли до оси тоннеля), рекомендует принимать «в запас» вертикальное давление P_{BEPT} от веса всего столба вышележащих грунтов. Однако при этом следует проверить возможность образования над щитом выпора грунта, что может служить ограничением на давление пригруза.

Вертикальное давление P_{BEPT} , (с учетом эффекта «зависания») рассчитывают по модели Янсена-Кёттера, (Yanssen, 1895 г., Kotter, 1899 г.), известной как схема «опускающегося столба пород». В данной Методике применяется обобщенная модель «опускающегося столба», предложенная специалистами НИЦ «Тоннели и метрополитены».

Обобщенная модель позволяет анализировать несущую способность отдельных слоев, оценивая количественно защитные свойства горизонтов, содержащих более прочные породы.

При вычислении вертикального давления грунтов P_{BEPT} по обобщенной модели Янсена-Кёттера массив разбивают на слои, в пределах которых с достаточной для практических расчетов точностью характеристики грунтов (в данной модели используются угол внутреннего трения φ и сцепление c) можно принять не изменяющимися.

Для каждого из этих слоев, задав вертикальное давление на верхней поверхности Q_{BEPT} , находят вертикальное давление P_{BEPT} на нижней поверхности по формуле:

$$P_{BEPT} = A - (A - Q_{BEPT}) \exp(-h/z_0) \quad (3)$$

Обозначения и физико-механический смысл величин в формуле (3) представлены ниже, в таблице 1. Обобщенная модель НИЦ ТМ позволяет задавать глубину «уровня сохранения бытового состояния массива». Это дает возможность обеспечивать в зоне проходки тоннеля сохранность не только наземных, но и ответственных подземных объектов [9].

В пределах высоты забоя (диаметра щита) вертикальное давление в каждом из слоев массива вычисляют от полного веса грунтов в этих слоях, то есть без учета эффекта «зависания». Этим обеспечивается возможность возникновения на поверхности забоя локальных вывалов.

При вычислении вертикального давления грунта в слоях, проницаемость которых обуславливает свободный водный приток, объемный вес грунта следует учитывать во взвешенном состоянии по формуле:

$$\gamma_{взв} = (\gamma_{ск} - 1)/(e + 1), \quad (4)$$

где $\gamma_{ск}$ - удельный вес материала скелета, e - коэффициент пористости грунта.

Таблица 1 - Обозначения исходных данных для расчета $P_{\text{верт}}$

№	Обозн.	Размерность.	Расчетная формула	Физико-механический смысл величины. Пояснения
ИСХОДНЫЕ (ПЕРВИЧНЫЕ) ДАННЫЕ				
1	D	m		Диаметр щита (пролет тоннельной выработки) i
2	L	m		Протяженность «столба» вдоль трассы тоннеля
3	H	m		Высота расчетного "слоя" (мощность выделенного геологического пласта)
4	$\gamma_{\text{ест}}$	mc/m^3		Объемный вес грунта при естественной влажности (в массиве в естеств. состоянии)
5	$\gamma_{\text{ск}}$	tc/m		Удельный вес материала скелета грунта
6	e	-		Коэффициент пористости грунта
7	φ°	градус		Угол внутреннего трения грунта
8	C	tc/m^2		Сцепление грунта
9	$Q_{\text{ВЕРТ}}$	tc/m		Вертикальное давление (нагрузка) на верхней поверхности расчетного "слоя"
ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ				
10	h	—	$h = H/D$	Относительная высота "слоя"
11	λ		$\lambda = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi^\circ/2)^*$ $\lambda = (1 - \sin \varphi)^{**}$	Коэффициент бокового давления грунта: * для жесткопластической модели массива; ** для упругопластической модели массива
12	μ	—	$\mu = \text{tg } \varphi^\circ$	Коэффициент внутреннего трения грунта (жесткопластическая модель массива)
	t	—	$t = L/D$	Коэффициент формы «опускающегося столба»
	r_0	—	$r_0 = t/2(t + 1)$	Параметр модели (относительный гидравлический радиус грунтового «столба»)
13	z_0	—	$z_0 = r_0 / (\lambda \mu)$	Безразмерный параметр высоты "слоя" (собственная единица высоты данного «слоя»)
14	$\gamma_{\text{факт}}$	tc/m^3	Если «слой» выше УГВ $\gamma_{\text{факт}} = \gamma_{\text{ест}}$ Если «слой» ниже УГВ $\gamma_{\text{факт}} = (\gamma_{\text{ск}} - l) / (e + 1)$	Фактическое значение объемного веса грунта
15	ψ	—	$1 - C / (r_0 \gamma_{\text{факт}} D)$, при $C \geq (r_0 \gamma_{\text{факт}} D)$ $\psi = 0$	Коэффициент кажущегося уменьшения веса грунта за счет действия в «слое» внутреннего трения и сцепления
16	γ_0	tc/m	$\gamma_0 = \psi \gamma_{\text{факт}}$	Расчетное значение объемного веса грунта

2.4.1 Определение расчетных нагрузок от горного давления

Так как обделкой эскалаторного тоннеля выбрана тубинг необходимо определить нагрузки, которые будут действовать на обделку. Величину горного давления в слабоустойчивых трещиноватых породах при среднем расстоянии между трещинами в массиве $b_t \leq 0,004 B$ или при коэффициенте крепости $f < 4+0,005H$ следует принимать от веса грунта, заключенного в пространстве, ограниченном контуром свода и плоскостями обрушения [10].

Величину пролета L и высоту свода обрушения над верхней точкой выработки h_1 следует определять по формулам [6]

$$L = B + 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg}(45-\varphi^n/2), \quad (5)$$

$$h_1 = L/(2 \cdot f \cdot \acute{\alpha}) \quad (6)$$

где h_1 - высота выработки, 10,5 м;

φ^n - кажущийся угол внутреннего трения, 36 градусов;

$\acute{\alpha}$ - коэффициент, учитывающий влияние трещиноватости скального массива.

$$L = 10,5 + 2 \cdot 10,5 \cdot \operatorname{tg}(45-36/2) = 21,$$

$$h_1 = 21/(2 \cdot 0,8 \cdot 1) = 13 \text{ м.}$$

Нормативное горное давление вертикальное q^n и горизонтальное P^n следует принимать по формулам:

$$q^n = K_p \cdot \rho \cdot g \cdot h_1, \quad (7)$$

$$P^n = q^n \cdot \operatorname{tg}^2(45- \varphi^n/2) \quad (8)$$

где K_p – коэффициент условий работы грунтового массива, 1.5;

ρ - плотность пород, 2.2 т/м³;

g - ускорение свободного падения, 9,8 м/с²;

φ^n - кажущийся угол внутреннего трения, 36 градус.

$$q^n = 1,5 \cdot 2,2 \cdot 9,8 \cdot 13 = 420,8 \text{ кН/м}^2$$

$$P^n = 420,8 \cdot 0,5^2 = 105,2 \text{ кН/м}^2$$

$$P_k = K_n \cdot K_H \cdot q^n, \quad (9)$$

$$P_0 = K_n \cdot K_H \cdot P^n \quad (10)$$

где K_n - коэффициент перегрузки, для кровли = 1,4, для боков = 1,2;

K_H - коэффициент принимаемый для главных вскрывающих выработок, $K_H=1$.

$$P_k = 1,4 \cdot 1 \cdot 420,8 = 589,18 \text{ кПа};$$

$$P_6 = 1,2 \cdot 1 \cdot 147,29 = 176,7 \text{ кПа}.$$

Далее определяем расчетную нагрузку для кровли и боков.

2.4.2 Расчет тубинговой конструкций

Тубинговые конструкции воспринимают монтажную нагрузку от собственного веса и нагрузку от проходческого оборудования, которая не учитывается, так как проходческое оборудование передает ее на лотковый тубинг.

Для определения изгибающих моментов M'_Θ и нормальных сил N'_Θ в сечениях тубингового кольца с координатой Θ , используем следующие формулы:

при $0 \leq \Theta < \pi - \alpha$:

$$M' = (G \cdot R/2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha) \cdot [\alpha - \Theta \cdot \sin \Theta \cdot \sin \alpha - \cos \Theta \cdot (1,5 \sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)], \quad (11)$$

$$N' = (G \cdot R/2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha) \cdot \Theta \cdot \sin \Theta \cdot \sin \alpha + \cos \Theta \cdot (0,5 \cdot \sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha) \quad (12)$$

При $\Theta = \pi$:

$$N' = (G \cdot R/2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha) \cdot [1,5 \cdot \sin \alpha - (\pi - \alpha) \cdot (1 - \cos \alpha)], \quad (13)$$

$$M' = (G \cdot R/2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha) \cdot [\pi \cdot 0,5 \cdot \sin \alpha - (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha] \quad (14)$$

где G — вес кольца обделки шириной 1 м;

R — радиус осевой линий обделки, м;

Θ — координатный угол рассматриваемого сечения, радиан.

В стадии эксплуатации конструкция воспринимает активные вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Расчетная схема представляет собой упругое кольцо постоянной приведенной жесткости с фиктивной заделкой в сечениях $\Theta = \pi$. Внутренние усилия M^2 и N^2 в сечениях с координатой Θ равны При $0 \leq \Theta \leq \pi$ [9].

$$M'' = R^2 [P_B (0,25 - 0,5 \cdot \sin^2 \Theta) + P_r (0,25 - 0,5 \cdot \cos^2 \Theta)], \quad (15)$$

$$N'' = R (P_B \cdot \sin^2 \Theta + P_r \cdot \cos^2 \Theta) \quad (16)$$

Далее внутренние усилия от веса конструкций и горного давления суммируются:

$$M_B = M' + M'', \quad (17)$$

$$N_B = N' + N'' \quad (18)$$

Расчет производился на ЭВМ по программе «к78».

2.4.3 Транспортирование породы

Транспортирование породы ведется через скип, которая подвешена на канат. Время транспортирования породы:

$$t_{\text{тр}} = L/V, \quad (19)$$

где L - длина тоннеля, 80 м;

V - скорость скипа, 60 м/мин.

$$t_{\text{тр}} = 80/60 = 1,3 \text{ мин.}$$

Так как 1,3 мин это только выдача, добавляется и спуск скипа, тогда общее время будет 3 мин, 0,05 часа. И это время спуска одного скипа.

2.4.4 Установки тюбингов

Монтаж кольца обделки производится с помощью блокоукладчика, который расположен на противовесе экскаватора при этом ось стрелы экскаваторного органа располагается перпендикулярно оси тоннеля. Доставка тюбингов производится с помощью скипов [6, 7].

Установка 1 тюбинга по нормам 17 минут, или 0,28 часа.

$$t_{\text{тюб}} = n_{\text{тюб}} \cdot n_{\text{вр.тюб}}, \quad (20)$$

где $n_{\text{тюб}}$ - количество тюбингов первого уступа

$$t_{\text{тюб}} = 0,28 \cdot 3 = 0,84 \text{ часа.}$$

2.4.5 Вентиляция

Расчет вентиляции производится по наибольшему количеству людей и по минимальной скорости движения воздушной струи.

1. По количеству людей, одновременно находящихся в выработке:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot k_{\text{зап}}/60 \quad (21)$$

где $q_{\text{л}}$ - норма подачи воздуха на одного человека, 6 м³/мин;

$N_{\text{л}}$ - количество людей, одновременно находящихся в выработке, 6 чел;

$k_{\text{зап}}$ - коэффициент запаса, 1,5.

$$Q_{\text{л}} = 6 \cdot 6 \cdot 1,5/60 = 0,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. По минимальной скорости движения воздушной струи

$$Q_{\text{с}} = V_{\text{мин}} \cdot S_{\text{св}} \quad (22)$$

где $V_{\text{мин}}$ -минимальная скорость движения воздуха в тоннеле, 0,15 м/с;
 $S_{\text{св}}$ -площадь поперечного сечения выработки, м².

$$Q_{\text{с}} = 0,15 \cdot 64,58 = 9,68 \text{ м}^2/\text{с}$$

Расчет вентилятора. Рассчитываем давление вентилятора которую должен преодолеть вентилятор. Он состоит из статического, динамического давлении и местных потерь напора [8].

$$H_{\text{вент}} = H_{\text{ст}} + H_{\text{дин}} + H_{\text{м.п}} \quad (23)$$

Статическое давление

$$H_{\text{ст}} = P \cdot R \cdot Q^2 \quad (24)$$

где P-1.15; R-5; Q-необходимое количество воздуха, 9,68.

$$H_{\text{ст}} = 1,15 \cdot 5 \cdot 9,68^2 = 538 \text{ Па}$$

Местные потери

$$H_{\text{м.п}} = 0,2 \cdot H_{\text{ст}} = 0,2 \cdot 538 = 107,75 \text{ Па} \quad (25)$$

Динамическое давление

$$H_{\text{дин}} = V_{\text{т}}^2 \cdot \gamma / 2, \quad (26)$$

где γ -плотность воздуха, 1,2 кг/м³

$V_{\text{т}}$ -скорость движения воздуха в трубопроводе

$$V_{\text{т}} = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot D_{\text{т}}^2) \quad (27)$$

Где $d_{\text{т}}$ -диаметр трубопровода, 0,8 м.

$$V_{\text{т}} = (4 \cdot 9,68) / (3,14 \cdot 0,8^2) = 19,26 \text{ м/с}; H_{\text{вент}} = 869,2 \text{ Па.}$$

По значениям $H_{\text{вент}}$ и Q выбираем вентилятор СВМ-6.

2.4.6 Освещение

Диаметр тоннеля $d=10,5$; Сечение тоннеля

$$\pi \cdot d^2 = 3.14 \cdot 10,5^2 = 346 \text{ м}^2; 1 \text{ м}^2 = 15 \text{ Вт};$$

Выбрали два прожектора ПСМ-50-1.

Расстояние между светильниками определяется:

$$\operatorname{tg} \alpha = L/2h = 8/(2 \cdot 4) = 1; \alpha = 45^\circ$$

Лампа РН-100 = 65. По полученным данным рассчитывается освещенность горизонтальной плоскости [8]:

$$E_{\Gamma} = \Phi \cdot I_a \cdot \cos^3 / (1000 \cdot K_a \cdot h^2), \quad (28)$$

$$E_{\Gamma} = 1400 \cdot 65 \cdot 0.085 / (1000 \cdot 1,5 \cdot 4) = 1,3 \quad (29)$$

Расстояние между лампами 8м, расстояние перегонного тоннеля

$$n = L \cdot 2/l = 80 \cdot 2/8 = 20$$

Мощность осветительного трансформатора.

$$N_{\text{тр}} = (N_1 \cdot n_1 + N_n \cdot n_n) / (1000 \cdot I_c), \text{ кВт}, \quad (30)$$

$$N_{\text{тр}} = (100 \cdot 30 + 1000 \cdot 2) / (1000 \cdot 0.9) = 5,5 \text{ кВт};$$

Выбрали два трансформатора ТСШ-2,5/0,5(2,5кВт) и ТСШ-4/0,7-38(4кВт).

2.5 Конструкция высокоточной водонепроницаемой обделки

При проектировании однослойной сборной железобетонной сейсмостойкой водонепроницаемой железобетонной обделки перегонного тоннеля метрополитена г. Алматы, сооружаемой щитовым комплексом фирмы «Херренкнехт», должны быть полностью соблюдены все принципиальные инженерно-технические решения конструкции кольца обделки и его элементов, разработанные фирмой для этого комплекса.

Материал обделки - армированный бетон класса не ниже В40 по прочности на одноосное сжатие, не ниже W10 по водонепроницаемости и не ниже F150 по морозостойкости [6, 7].

Конструкция обделки отличается высокой точностью и запроектирована из угловых колец двух типоразмеров. С их использованием обеспечивается сборка обделки тоннеля как на прямолинейных участках трассы, так и на

горизонтальных и вертикальных кривых.

Конструкция обделки предусматривает возможность применения как в грунтах естественной влажности, так и в водонасыщенных грунтах с гидростатическим давлением 0,3 МПа. Универсальность конструкции колец обделки достигается за счет их угловой формы переменной ширины.

Торцы кольца обделки образованы двумя непараллельными плоскостями. Одна плоскость перпендикулярна оси кольца, другая наклонена к ней таким образом, что ширина кольца по оси ключевого блока (по наружному диаметру) составляет 987,50 мм, а с противоположной стороны кольца - 1012,50 мм. По центру кольца его ширина равна 1000 мм [6].

При указанных параметрах кольца и внутреннем диаметре 5100 мм минимально возможный радиус кривой должен быть равным 100 м, что удовлетворяет минимальному значению радиуса кривой 150 м. Возможность применения обделки на прямолинейных участках трассы, а также на горизонтальных и вертикальных кривых обеспечивается взаимным поворотом колец обделки относительно друг друга.

Конструктивно кольцо обделки разделено продольными швами на семь блоков. Из них - 4 нормальных, два смежных и один ключевой (клиновой) - таким образом, что по средней плоскости кольца центральный угол ключевого блока составляет 15° . Центральный угол нормального блока равен 60° , а смежного $52,50^\circ$ [7].

Допускаемые варианты относительного расположения соседних колец регламентированы. Для заданного радиуса кривой подбирается соответствующая комбинация последовательных поворотов колец вокруг оси тоннеля. Все блоки обделки снабжаются герметизирующими уплотнительными упругими прокладками, выполненными в виде замкнутых четырехугольных рамок из резины специального профиля.

Герметизирующие уплотнители прокладки вклеиваются в специальные пазы, расположенные на торцах блоков. При монтаже обделки прокладки соседних блоков контактируют, сжимаются и находятся в упруго сжатом состоянии весь период эксплуатации обделки. Герметичность стыков обеспечивается непроницаемостью постоянно обжатого (при усилии 15 кН/м) контакта прокладок между собой с поверхностью бетона блоков в пазах.

Для резервного герметизирующего уплотнения в каждом блоке по его внутреннему контуру устроена чеканочная канавка. Кольцевые стыки между блоками соседних колец плоские. В стыках располагаются распределительные прокладки из прессованного картона (оргалит). Прокладки приклеиваются на кольцевые торцы блока со стороны, противоположной забою по оси действия усилий щитовых домкратов.

Продольные стыки между блоками в кольце плоские, с ограниченными площадками по высоте сечения и длине. В объеме предусмотрены два типа связей - временные и постоянные. Временные связи (удаляемые в период сооружения тоннеля) представляют собой наклонные болты, устанавливаемые в кольцевых стыках по два на каждый блок и завинчивающиеся в полимерные

втулки (дюбели), замоноличенные в бетон блока. Постоянные рабочие связи аналогичной конструкции (оставляемые после сооружения тоннеля) устанавливаются в продольных стыках по два на каждый блок и завинчиваются в стальные втулки. Их назначение заключается в обеспечении сейсмостойкости обделки. В центре блока с внутренней его поверхности установлена закладная деталь в виде стальной втулки с внутренней нарезкой под шпindel захвата блокоукладчика. Втулка замоноличена в глухом отверстии блока, которое разбурируется при необходимости нагнетании тампонажного раствора за обделку.

Конструкция в части разбивки обделки на блоки и расположения продольных швов увязывается с конструкцией механизированного щита. Количество сдвоенных щитовых домкратов равно 12 с шагом по окружности центров их опорных башмаков в точном соответствии с центральным углом 30°. Такое расположение башмаков гарантирует передачу усилия со стороны штоков щитовых домкратов вне продольных стыков при любом допустимом повороте колец обделки относительно друг друга.

Технические характеристики кольца обделки [11]:

- наружный диаметр, мм - 5600;
- внутренний диаметр, мм - 5100;
- ширина кольца в уровне горизонтального диаметра, мм - 1000;
- разница между минимальной и максимальной шириной кольца, мм - 25;
- толщина блоков, мм - 250;
- число блоков в кольце, шт. - 7;
- ключевой, шт. - 1;
- смежный, шт. - 2;
- нормальный, шт. - 4;
- количество временных болтовых связей в кольцевом стыке, шт - 12;
- количество постоянных блочных связей в продольных стыках, шт - 14.

Конструкция обделки и ее расчет должны удовлетворять требования нормативных документов. Статические расчеты обделки, на которую действует гидростатическое давление, надлежит выполнять в обязательном порядке по двум предельным состояниям.

Для обеспечения проектной геометрической формы собранного кольца, возможности соединения колец между собой с установкой связей при заданных величинах угловых смещений, изготовленные сборные железобетонные блоки должны обладать высокой точностью. Значения действительных отклонений геометрических параметров блоков обделки не должны превышать [11].

- по ширине (длине вдоль тоннеля), мм +/-0,5
- по внутреннему радиусу, мм +/-1,5
- по наружному радиусу, мм +/-1,5
- по толщине, мм +/-2,5
- отклонение от нелинейности (внешняя сторона), мм/м ≤2,0
- по размерам канавки для уплотнительной прокладки, мм +/-0,2

Точность изготовления арматурных каркасов блоков должна обеспечивать

следующие допускаемые отклонения геометрических размеров:

- по длине (по дуге), мм	-	+0/-10
- по ширине (вдоль тоннеля), мм	-	+0/-8
- по высоте, мм	-	+2/-4
- по отклонению от шаблонов, выполненных по дугам расчетной кривизны, мм	-	+0/-3

Допускаемые отклонения защитного слоя и другие требования определены в технических условиях.

Водонепроницаемость конструкции обделки обеспечивается плотной структурой водонепроницаемого бетона блоков без трещин, а также применением гидроизолирующих уплотнительных прокладок в стыках.

В соответствии с проектом необходимо обеспечить при изготовлении блоков: класса бетона по прочности В40 по водонепроницаемости W10, по морозостойкости F150. Требования к материалам, применяющимся для изготовления блоков, должны соответствовать. Как правило, для изготовления бетонной смеси следует применять портландцемент М500 ДОН по ГОСТ 10178-85; щебень гранитный фракций 5-10 мм, 10-20 мм по ГОСТ 9757-90; песок М_{кр}2,5-3,0 по ГОСТ 8736-93; воду по ГОСТ 23732-79; пластифицирующую добавку [7].

Рецептуру бетонной смеси требуется подбирать таким образом, чтобы обеспечивалась возможность ее употребления в формах в течении заданного времени имеющимся оборудованием; достигалась распалубочная прочность бетона ~18МПа; в процессе твердинения на поверхности блока не образовывались усадочные трещины, особенно в области уплотнительных пазов блоков; обеспечивалась прочность и водонепроницаемость бетона в возрасте 28 суток.

Для достижения заданной высокой точности изготовления блоков обделки необходимо применять специальные высокоточные стальные формы, поддон и борта которых подверглись механической обработке. Конструкция форм должна обеспечивать их долговременную эксплуатацию. Стабильность геометрических размеров изделий требует проведения постоянного контроля геометрии форм и правильности их сборки перед укладкой бетонной смеси.

Поверхность бетона блоков обделки должна отвечать требованиям, изложенным в Технических условиях. При этом поверхность уплотнительного паза для резинового уплотнения должна проходить стадию доводки, при которой заделываются все раковины и каверны (до категории А - 1 по ГОСТ 13015,0).

2.6 Технология монтажа тоннельной обделки

Технология сборки колец обделки определяется:

- клиновой их конструкцией;
- характером трассы (в плане и профиле);
- положением кольца и порядком монтажа.

Монтаж кольца осуществляют в соответствии с указаниями «Инструкции

по эксплуатации щита Ø=5,86» фирмы «Херренкнехт».

Положение ключевого блока надлежит определять до монтажа компьютером из условия наилучшего вписывания обделки в проектную трассу. Компьютерной программой также готовятся карточки раскладки, которые определяют дифференцированное удлинение штоков щитовых домкратов и другие геометрические данные.

Соосность кольца и оболочки щита должна контролироваться по зазору между наружной поверхностью блока и внутренней поверхностью оболочки. При разнице расчетных и измеренных значений должна быть составлена новая карточка раскладки.

Допустимое отклонение продольных швов от проектного положения (кручение колец) составляет ± 20 мм. Оно может быть нейтрализовано либо во время монтажа, либо во время передвижки щита изменением направления вращения ротора.

Порядок монтажу колец обделки и подачи блоков для их укладки должен осуществляться в соответствии со схемами расположения левого или правого кольца, приведенными на чертежах НТО - 05 - 5565 - КЖ1 и НТО - 05 - 5565 - КЖ2 Филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены».

Перед монтажом кольца производится тщательная очистка хвостовой оболочки от грязи и мусора. Особенно опасны остатки затвердевшего раствора, часто остающиеся после длительных остановок щита, которые могут явиться причиной повреждения хвостового уплотнения при возобновлении проходки. Блоки снимаются краном с транспортных средств и подаются на питатель в порядке. Боковые поверхности ключевого блока смазываются жидким мылом для улучшения скольжения в момент установки [11].

Установка блоков в проектное положение выполняется в соответствии с технологическим процессом, указанным в «Инструкции» фирмы «Херренкнехт». Сплошность обделки проверяется линейкой по всем стыкам.

По окончании монтажа кольца блокоукладчик устанавливается в положение ожидания, и выполняется подготовка к раскладке следующего кольца.

2.7 Нагнетание за обделкой, составы растворов

Для обеспечения безосадочной проходки и нормальной эксплуатации тоннеля строительный зазор, образующийся между грунтом и оболочкой щита, грунтом и обделкой тоннеля, следует заполнять твердеющим тампонажным раствором.

Нагнетание тампонажного раствора обеспечивает геометрическую неизменяемость обделки, совместную работу обделки с окружающим грунтом, предотвращение осадок, сохранность, долговечность и повышает водонепроницаемость обделки на период эксплуатации тоннеля.

При проходке тоннелей щитовыми комплексами с пригрузом забоя в неустойчивых и слабоустойчивых грунтах выполняется только первичное

нагнетание раствора (в один этап) за тоннельную обделку. Требования к тампонажным растворам для первичного нагнетания определяются инженерно-геологическими условиями трассы тоннеля (подвижность, прочность, время схватывания и проницаемость раствора), и технологией проходки тоннеля (скорость проходки, объем нагнетания, количество точек одновременного нагнетания, конструкции хвостового уплотнения щита, характеристиками смесительного оборудования, технологической схемой приготовления и нагнетания, протяженностью коммуникации для подачи раствора и т.п.).

Для нагнетания за обделку рекомендуется использовать тампонажные растворы на основе цемента (цемент-песчаные, цементно-песчано-зольные и др.). Для приготовления растворов применяются строительные материалы, соответствующие требованиям нормативных документов портландцемент, песок кварцевый, зола-унос, другие минеральные, заполнители, для улучшения характеристик раствора используются добавки к растворам на основе цемента.

Основные характеристики тампонажного раствора должны иметь следующие показатели [2]:

- | | |
|--|-------------|
| - подвижность (растекаемость) раствора, см | 10-30, |
| - расслаиваемость, см | менее 5, |
| - водоотделение в течение 1ч, % | не более 2, |
| - выход тампонажного камня, % | 95-100. |

Требуемые характеристики достигаются видом и соотношением исходных материалов, используемых для приготовления раствора, а также добавками, корректирующими те или иные свойства тампонажного раствора.

В составе тампонажного раствора следует подбирать в лаборатории и корректировать их при изменении вида или качества поставляемых исходных материалов. Ориентировочные составы растворов для первичного нагнетания представлены в приложении 2. Ориентировочный расход тампонажного раствора на 1 кольцо обделки может составить ~ 2,6-4,0 м³ [7].

Оборудование для приготовления тампонажных растворов должно обеспечивать [2]:

- механизированное дозирование исходных материалов;
- приготовление растворов в необходимом объеме с требуемыми технологическими параметрами;
- транспортировку растворов к забою;
- нагнетание растворов за обделку тоннеля.

При проходке тоннеля необходимо контролировать следующие технологические параметры нагнетания - состав раствора, основные физико-механические характеристики раствора, способы нагнетания, параметры процесса, результаты нагнетания. Все данные по нагнетанию растворов за обделку следует фиксировать в журналах работ.

3 Охрана труда и окружающей среды

3.1 Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды»

Природа и ее богатства являются естественной основой жизни и деятельности народов Республики Казахстан, их устойчивого социально-экономического развития и повышения благосостояния.

Настоящий Закон определяет правовые, экономические и социальные основы охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений и направлен на обеспечение экологической безопасности, предотвращение вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности на естественные экологические системы, сохранение биологического разнообразия и организацию рационального природопользования.

Законодательство Республики Казахстан в области охраны окружающей среды:

- Задачами законодательства Республики Казахстан в области охраны окружающей среды являются регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью улучшения качества окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, укрепления законности правопорядка.

- Законодательство Республики Казахстан об охране окружающей среды основывается на Конституции Республики Казахстан и состоит из настоящего Закона, законов об охране, воспроизводстве и использовании природных ресурсов, а также других законодательных и иных нормативных правовых актов.

В случае противоречия между настоящим Законом и иным актом, содержащим нормы, регулирующие отношения по охране окружающей среды, последние могут применяться только после внесения в настоящий Закон соответствующих изменений.

Вопросы охраны и использования земли, недр, вод, атмосферного воздуха, лесов и иной растительности, животного мира, объектов окружающей среды, имеющих особую экологическую, научную и культурную ценность, особо охраняемых природных территорий в части, не урегулированной настоящим Законом, регулируются соответствующими законодательными и иными нормативными правовыми актами Республики Казахстан.

3.2 Общие положения

Система безопасности работ, выполняемых при строительстве перегонного тоннеля метрополитена Алматы с применением ТПМК фирмы «Херренкнехт АГ» (наружный диаметр щита 5,86м), должна отвечать требованиям СНиП 12-03-2001г. «Безопасность труда в строительстве. Часть I. «Общие требования», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве.» Часть 2. «Строительное производство» и ПБ 03-428-02 «Правила безопасности

при строительстве подземных сооружений», а также Инструкции по эксплуатации, обслуживанию и технике безопасности фирмы «Херренкнехт АГ» (далее по тексту - «Инструкции»), учитывающей особенности конструкции и технологию работ ТПМК [11].

Конструкция ТПМК включает защитные устройства для безопасной работы, ряд защитных приспособлений для предотвращения повреждения наиболее ответственных его частей и травмирования рабочего персонала (рабочие мостики, ограждения, лестницы-стремянки и пр.), ТПМК имеет современную систему управления, исключающую запуск комплекса посторонними лицами, надежную блокировку главного выключателя электропитания, звуковую сигнализацию об опасности. Электрооборудование выполнено во взрывоопасном исполнении.

Управление и обслуживание всех систем ТПМК должно осуществляться хорошо подготовленным персоналом. На все виды выполняемых работ должны быть разработаны соответствующие должностные инструкции.

Осмотр и проверка состояния ТПМК должны производиться ежедневно. Все случаи поломок, чрезмерного износа или неудовлетворительной работы оборудования должны регистрироваться в специальном журнале.

Для аварийной остановки ТПМК следует использовать кнопки аварийной остановки нажимного действия, обеспечивающие отключение подстанции и прекращение подачи электроэнергии. Все кнопки аварийной остановки должны быть доступны любому члену бригады, заметившему аварийную ситуацию. Их действие должно периодически проверяться.

Действия обслуживающего персонала в условиях аварийной остановки (потеря давления в призабойном пространстве, отказ основной системы подачи воздуха и т.п.) должны регламентироваться специальными инструкциями.

Подробный перечень мероприятий по технике безопасности и охране труда работников, непосредственно принимающих участие в строительстве тоннеля, содержится в Технической документации Макс – щит 6,250м фирмы «Херренкнехт АГ», раздел 2, «Правила техники безопасности и санитарные инструкции» [11].

3.3 Требования к обслуживающему персоналу

К работам на ТПМК допускаются физически здоровые лица, имеющие необходимую квалификацию. Ученики могут выполнять работы только под надзором. Категорически запрещается допуск к работам на ТПМК лиц, находящихся под воздействием алкоголя или наркотических веществ [11].

Работающий на комплексе персонал должен пройти специальное обучение и хорошо знать все функции ТПМК и действия, необходимые к применению в экстренных случаях. Персонал должен быть всегда готов к аварийной остановке.

Все лица, обслуживающие комплекс, должны иметь соответствующие удостоверения.

3.4 Общие требования безопасности в зоне работы ТПМК

Все члены рабочей бригады в процессе выполняемых работ должны знать о производимых операциях проходческого цикла: подъеме и укладке блоков, погрузке грунта, нагнетании тампонажного раствора, перемещении комплекса.

Перед пуском ТПМК следует удалять из рабочей зоны всех посторонних лиц и убедиться, что ни для кого не существует опасности травм в результате пуска. Запрещается одновременный запуск двух и более двигателей ТПМК. [11]

Во всех случаях, когда производится профилактическое обслуживание рабочего органа ТПМК; следует вынимать ключ из замка управления ТПМК. При работах в призабойной камере в течение всего времени пребывания в ней людей, у пульта управления должен находиться основной или резервный машинист, имеющий прямую связь с ремонтной бригадой. На пульте управления запрещено использование мобильных телефонов. Запрещается заходить в призабойную камеру в процессе работы комплекса.

Запрещается эксплуатация ТПМК при отсутствии необходимых защитных кожухов или ограждений. В случае повреждения каких-либо защитных устройств, следует немедленно принимать меры по их восстановлению. Входить на ГПК разрешается только при полностью исправных защитных устройствах.

В случае неполадок на ТПМК, возникновении необычных шумов или запахов, его необходимо немедленно остановить для незамедлительного выяснения причины появления неисправностей и их устранения. В зависимости от потенциального риска на комплексе должны использоваться предупредительные надписи: «Внимание!», «Осторожно!» и «Опасность!»

Наиболее важные рукоятки, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала от повреждений и травм, должны быть окрашены в красный цвет. Все работающие в зоне ТПМК должны знать о наличии опасного лазерного излучения, которое может иметь место в верхней части тоннеля (под шельгой свода). Перед проведением ремонтных и сервисных работ лазерная установка должна обязательно выключаться. Работающие на ТПМК члены рабочей бригады и обслуживающий его персонал должны иметь средства личной защиты: защитные шлемы, защитные рукавицы, защитные очки, устройства защиты от шума, защитную обувь.

Средства защиты органов слуха от шума следует использовать, если в течение более 8 часов уровень шума в рабочей зоне превышает предельные значения в 85 дБ/А [11].

Рабочие площадки и ступени лестниц следует содержать свободными от грунта, строительных материалов, других посторонних предметов и чистыми от масел и консистентных и смазок; во избежание падений и травм обслуживающего персонала. Инструменты и другие предметы не должны оставаться после использования на рабочих поверхностях.

При производстве работ рабочий персонал должен находиться на безопасном расстоянии от движущихся деталей. Освещенность рабочих мест и всех частей комплекса должна быть достаточной.

3.5 Требования к состоянию воздушной среды в зоне работы ТПМК

В процессе работы ТПМК должен осуществляться контроль за содержанием газов в воздушной среде тоннеля. При возникновении опасности превышения допустимые концентрации метана должны быть реализованы соответствующие рекомендации по эксплуатации ТПМК.

Во избежание возможного загрязнения воздуха, подаваемого в кессонную камеру, периодически должно проверяться техническое состояние фильтров в системе воздухоочистки, а для контроля его качества производится пробоотбор в месте ввода в шлюз. Машинист компрессора должен обеспечивать воздухозабор в местах отсутствия угарного или углекислого газа, так как они не задерживаются стандартными фильтрами [11].

3.6 Правила безопасности при обслуживании гидравлической системы и электрооборудования

При работе и обслуживании гидравлической системы и электрооборудования ТПМК, все операции и рабочие процессы должны выполняться в полной соответствии с действующими нормативными документами, а также «Инструкцией». Работы на электрооборудовании разрешается проводить только специалистам по электрооборудованию.

Осмотр и проверка состояния ТПМК, в том числе его гидравлических систем и электрооборудования, должны производиться ежедневно. Все случаи поломок, неисправностей, чрезмерного износа или неудовлетворительной работы оборудования должны регистрироваться в специальном журнале.

Запрещается проведение технического обслуживания на гидравлическом и электрическом оборудовании во время работ в рабочей камере и в забое [11].

3.7 Кессонные работы

Состав и содержание кессонных работ, предусматриваемых при проходке тоннеля, приведены в «Инструкции».

Работы при повышенном воздушном давлении должны выполняться в соответствии с общими требованиями Правил по охране труда при производстве работ под сжатым воздухом (кессонные работы), утвержденных Минтрансстроем 04.01.1980г.), с обязательным учетом конкретных требований и указаний при выполнении кессонных работ, непосредственно касающихся конструкции, технологического процесса и эксплуатации ТПМК, изложенных в Технической документации Макс-щит 6,250м фирмы «Херренкнехт АГ» (раздел 2). «Правила техники безопасности и санитарные инструкции», раздел 5, «Техническое описание ТПМК», п.п. 5.4.3; 5.4.4; 5.4.5) [11].

В качестве руководящего рабочего документа для персонала надлежит пользоваться Инструкцией при ведении работ под сжатым воздухом в процессе строительства Серебряноборского тоннельного перехода, подготовленном Тоннельной ассоциацией РФ для совместного учета положений вышеприведенных технических нормативов.

Лица, занятые на кессонных работах, должны пройти специальное обучение и медицинскую комиссию, ответственную за допущение лиц к кессонным работам. Рекомендуется привлечение к таким работам (на постоянной основе в течение срока проходки) персонала ВГСЧ (военизированных горноспасательных частей), осуществляющих работы под сжатым воздухом, и аналогичных подразделений с предварительным обучением их составу работ в призабойной камере и необходимым действиям для их выполнения, при последующем прохождении ими проверки знаний и навыков в установленные сроки.

В дни проведения кессонных работ необходимо осуществлять подготовку снаряжения, проверку состояния кессонного оборудования, давления в системе подачи воздуха, его качества, исправность самоспасателей и всех приборов. Действия кессонщиков должны быть осмотрительными, продуманно последовательными, уверенными, без лишней спешки.

Запрещается выходить в призабойную камеру в количестве менее двух человек. Перед входом и после выхода в камеру делается запись в специальном журнале [11].

Рабочее давление сжатого воздуха при кессонных работах устанавливается в каждом конкретном случае проектом с учетом физических и физиологических возможностей организма лиц, находящихся под избыточным давлением воздуха.

Комплекс работ, связанных со шлюзованием и вышлюзовыванием людей, занятых в приемной камере, выполняется в строгом соответствии с Правилами по охране труда при производстве работ под сжатым воздухом (кессонные работы).

3.8 Требования пожарной безопасности

При строительстве тоннеля должны соблюдаться требования пожарной безопасности, изложенные в разделе «Противопожарная защита» Правил безопасности при строительстве подземных сооружений, а также в соответствующих нормативных документах.

Применительно к условиям работы ТПМК должны выполняться следующие дополнительные требования [11]:

- производить ежедневный осмотр комплекса и пройденного участка тоннеля; в случае обнаружения потенциально пожароопасных участков или посторонних предметов немедленно сообщать об этом руководству;
- перед ведением сварочных работ очищать всю площадь вокруг места их производства и иметь в непосредственной близости огнетушители;
- контролировать выполнение полного запрета на курение в зоне

комплекса и в пройденной части тоннеля.

С участием возможности различных видов пожаров (от короткого замыкания, от возгорания жидкостей и т.п.) на стендах ТПМК с соответствующими рисунками («АВС» или «СO₂») размещены порошковые и углекислотные ручные огнетушители. Углекислотные огнетушители, применяемые для борьбы с пожаром от электропроводки, находятся вблизи электроустановок, генераторов тока и других подобных установок.

В конце последней технологической тележки предусмотрено ручное включение водяной завесы, препятствующей поступлению дыма к ТПМК или в пройденный участок тоннеля в зависимости от места очага возгорания.

4 Технико-экономическая часть

Строительство подземных сооружений ведется силами подрядных специализированных организаций. Для расчетов с подрядчиком нужна сметная стоимость сооружения выработки.

Предварительно определяются суммарные прямые забойные затраты (C_p), которые складываются из зарплаты забойных рабочих (C_z), стоимости материалов (C_m), энергозатрат ($C_{эн}$), амортизационных отчислений проходческого оборудования ($C_{амор}$) [8].

4.1 Заработная плата

В забое работают 4 проходчика и 2 чеканщика

$$C_z = T_{ст} \cdot n_{раб} \cdot K_{р.р.с} \quad (31)$$

где $T_{ст}$ - тарифная ставка рабочего, которая соответствует разряду;

$n_{раб}$ - количество рабочих;

$K_{р.р.с}$ - расход рабочей силы стоимость заработной платы рабочих на проходку одного метра перегонного тоннеля предоставлена в таблице 2.

Таблица 2 - Заработная плата

Наименование	Разряд рабочих	Тарифная ставка	Количество рабочих	Расход рабочей силы Чел.смен на цикл	Стоимость у.е	
					На цикл	на 1 м
проходчики	6	9,48	1	9,25	87,69	87,69
	5	8,44	2	9,25	156,14	156,14
	4	7,40	1	9,25	68,45	68,45
чеканщики	5	6,92	1	5,07	35,08	35,08
	4	6,06	1	5,07	30,72	30,72
Итого основная заработная плата						378
Дополнительная заработная плата (40%)						151
Итого						529
Отчисления на социальное страхование и пенсию (30%)						158
ВСЕГО						688

4.2 Стоимость материалов

Для определения стоимости материалов, определяется расход на цикл, и их сумма.

Необходимое количество тубингов 8 штук по 800 у.е. итого получится 6400 у.е.

Необходимое количество вентиляционных труб 80 метров. 1 погонный метр вентиляционной трубы стоит 9,5 у.е. итого 760 у.е.

Для определения необходимого количества набрызгбетона для временной крепи определяется стоимость раствора на 1 м³.

Раствор состоит из: цемента, песка и гравия. Необходимое количество цемента 0,4 тонны, 1 тонна цемента стоит 53 у.е. исходя из этого определяем, что 0,4 тонны цемента стоит 21,2 у.е.

Необходимое количество песка 0,03 тонны, стоимость его составляет 1,5 у.е.

Необходимое количество гравия 0,03 тонны, стоимость гравия составляет 1,8 у.е.

Количественное соотношение цемента, песка и гравия взяты по нормам. Определяем необходимое количество раствора [9].

$$N_{p.v.k.} = S_{заб} \cdot T_{кр} \quad (32)$$

где $S_{заб}$ - сечение забоя, 63,68 м²;

$T_{кр}$ - окружность забоя, 0,03 м.

$$N_{раст} = 63,68 \cdot 0,03 = 1,9 \text{ м}^3.$$

Нагнетание за обделку

Первичное нагнетание

Необходимое количество раствора для первичного нагнетания [9].

$$N_{p.п.н} = S_з \cdot L_{окр} \quad (33)$$

где $S_з$ - площадь зазора за обделкой, 0,081 м²;

$L_{окр}$ - длина окружности перегонного тоннеля, 28,26 м.

$$N_{p.п.н} = 0,081 \cdot 28,26 = 2,3 \text{ м}^3$$

Необходимое количество раствора будет 2300 кг. Раствор для первичного нагнетания состоит из цемента и песка соотношение которых 50% на 50%.

Значит необходимое количество цемента будет 1150 кг стоимость которого 60,95 у.е. и 1150 кг песка стоимость которого 42,55 у.е.

Контрольное нагнетание. Раствор для контрольного нагнетания состоит

только из цемента. Необходимое количество раствора по нормам составляет 0,76 м³ стоимость которого 36,2 у.е.

Также учитываются шпалы и рельсы. Необходимое количество рельсов 6 штук по 10,89 у.е. и 2 шт шпал по 9 у.е.

Итоговая сумма всех материалов представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Стоимость материалов

Наименование	Цена у.е.	Расход на цикл		Сумма затрат на 1 м выработки у.е.
		Количество	Сумма у.е.	
Тюбинги	800	8 шт	6400	6400
Трубы	9,5	80 м	760	760
Раствор	24,47	1,9 м ³	46,5	46,5
Первичное нагнетание	45	2,3 м ³	103,5	103,5
Контрольное нагнетание	47,6	0,76 м ³	36,2	36,2
Шпалы	10,89	6 шт.	65,34	65,34
Рельсы	9	2 шт.	18	18
ИТОГО				7429,54
Неучтенные (10%)				742,95
ВСЕГО				8172,49

4.3 Стоимость энергии

Есть два вида потребляемой энергии: сжатый воздух и электроэнергия.

Сумма затрат электроэнергии одного оборудования:

$$C_{\text{эн}} = n_{\text{обор}} \cdot A_{\text{обор}} \cdot t_{\text{раб}} \cdot p_{\text{э.ц.}} \cdot c_{\text{эн}}, \quad (34)$$

где $n_{\text{обор}}$ - количество оборудования, потребляющие энергию. шт;

$A_{\text{обор}}$ - мощность оборудования. м³/мин или кВт час;

$t_{\text{раб}}$ - продолжительность работы оборудования, мин или часов;

$p_{\text{э.ц.}}$ - расход энергии на цикл, м³ или кВт;

$c_{\text{эн}}$ - стоимость энергии, у.е.

Сумма затрат энергии на цикл представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость энергии

Вид энергии и Наименование потребителей	Ко- ли- чест- во	Мощность	Продолжитель- ность работ	Расход энергии на цикл	Стоимо- сть у.е.	Сумма затрат на цикл (1 м) у.е.
Сжатый воздух	2	2м ³ /мин	180 мин	360 м ³	0,006	2,16
Первичного нагнетания	2	7 кВт/час	7,3 часа	102,2 кВт	0,04	4
Вентилятор	1	38 кВт/час	56 часа	2128 кВт	0,04	85,12
Контрольного нагнетания	1	7 кВт/час	15,96 часа	111,72 кВт	0,04	4,46
ТПМК	1	1252 кВт/час	20 часа	25040 кВт	0,04	1001,6
Электроталь	1	1 кВт/час	1 часа	1 кВт	0,04	0,04
ВСЕГО						1097,38

4.4 Стоимость амортизационных отчислений

$$C_{\text{амор}} = n_{\text{обор}} \cdot T_{\text{амор}}, \quad (35)$$

где $n_{\text{обор}}$ - количество оборудования, шт;

$T_{\text{амор}}$ - срок амортизации, % [9].

Так как мы определяем сумму амортизационных отчислений на 1 м, итоговую сумму делим на объем проходки.

Сумма амортизационных отчислений представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Амортизационные отчисления

Вид оборудования	Количество оборудования	Цена оборудования у.е	Срок амортизации %	Амортизационные отчисления за год у.е.
ТПМК	1	14000000	25	3500000
Автосамосвал КамАЗ	1	55000	25	13400
Платформа для тюбингов	1	350	32	112
Электроталь	1	1245	50	623
вентилятор	1	1360	10	136
Раствор насос для первичного нагнетания	2	3200	50	3200
Раствор насос для контрольного нагнетания	1	3200	50	1600
ИТОГО				3519071
Доставка, монтаж и демонтаж оборудования (25%)				879767,75
ВСЕГО				4398838,75
Объем проходки за год, м				1800
Амортизационные отчисления на 1м, у.е.				2443

4.5 Суммарные прямые затраты

$$C_{\Pi} = C_3 + C_M + C_{\text{ЭН}} + C_{\text{амор}} \quad (36)$$

где C_3 -зар.плата;

C_M -материалы;

$C_{\text{ЭН}}$ -энергоснабжение;

$C_{\text{амор}}$ -амортизационные отчисления [8].

$$C_{\Pi} = 688 + 8172 + 1097 + 2443 = 12\,400 \text{ у.е.}$$

Сметная стоимость проведения одного метра выработки

$$C = k_o \cdot k_n \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\text{ндс}} \cdot C_{\Pi}. \quad (37)$$

где k_o - коэффициент учитывающий общестроительные расходы, 1,96;

k_n - коэффициент накладных расходов, 1,27;

k_{Π} - коэффициент плановых накоплении, 1,26;

$k_{\text{ндс}}$ - коэффициент учитывающий налоги, 1,2.

$$C = 1,96 \cdot 1,27 \cdot 1,26 \cdot 1,2 \cdot 12400 = 45\,164 \text{ у.е.}$$

$$45164 \cdot 450 = 20\,323\,800 \text{ тенге}$$

Перечень технико-экономических показателей представлены в приложении Е.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проекте были рассмотрены подготовительного периода, в этот период производится расчистка стройплощадки, строятся здания и сооружения необходимые для строительства станции. После проходится ствол на глубину 40 м. разработка породы ведется вручную с вывозом грунта на поверхность с помощью бады.

Также был рассмотрен проходка перегонного тоннеля и строительство среднего станционного тоннеля. Перегонный тоннель проходится с помощью щита. В качестве обделки перегонного тоннеля использовалась тубинги. Также производилась нагнетание за обделку. В станционном тоннеле пробуривались скважины для опережающего крепления бурой установкой Atlas Copco Rocket Boomer 352S. Разработка породы ведется экскаватором Тегех ТЕ 210 с транспортировкой грунта автосамосвалом КамАЗ и ТСШ-4. Для нанесения набрызгбетонной обделки применили машину марки Meuco Potenza. Для установки обделки использовалась опалубка типа ВиМ.

Для проходки эскалаторного применили комплекс КАТО с экскаватором и с блокоукладчиком на противовесе. В качестве обделки выбран тубинг. Тубинг крепится отдельными сегментами с верхней части. В кольце 8 тубингов. После заходки в 1 метр за обделку производится первичное нагнетание. Контрольное нагнетание производится с отставанием 30 метров.

Также были рассчитаны технико-экономическая часть на проходку перегонного тоннеля:

- продвижение забоя на цикл - 1 м;
- скорость продвижения выработки – 150 м/мес;
- время строительства – 4 мес;
- численность проходческого звена – 6 чел;
- сметная стоимость всей выработки – 27 098 400 у.е. или 12 194 280 000 тенге.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

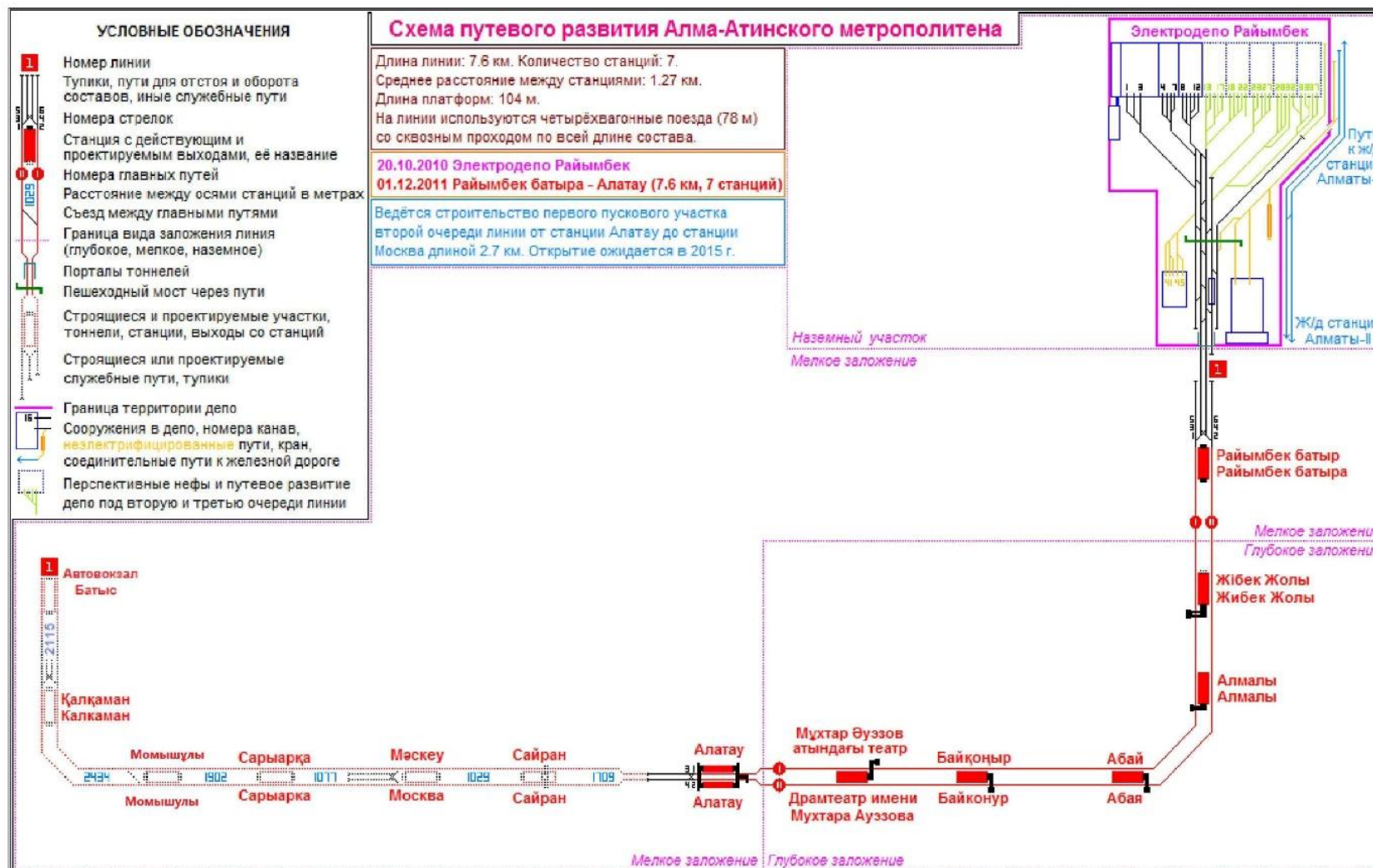
- 1 Метропроект «Проект первой очереди строительства алматинского метрополитена», 1989.
- 2 Картозия Б.А., Федунец Б.И. Шахтное и подземное строительство, том 2, 2003.
- 3 Лиманов Ю.А. Метрополитены. Издание второе, исправленное и дополненное. Издательство «Транспорт», 2013г. - 359с.
- 4 Аксель А.М., Муртазин М.М. Методические указания Горнопроходческие щиты по дисциплине «Строительство подземных сооружений с помощью щитов и комбайнов», 1998.
- 5 Бегалинов Ә. «Шахта және жерасты ғимараттары құрылысының технологиясы». II-том. Жазық және көлбеу жерасты қазбалары құрылысының технологиясы. Оқулық. ҚазҰТУ, 2011. -432бет.
- 6 Аксель А.М. Определение нагрузки на крепь и выбор типа крепи- Алматы: КазНТУ, 2003.
- 7 Аксель А.М. Расчет обделок подземных сооружений-Алматы: КазНТУ, 2004.
- 8 Косков И.Г. Новые материалы и конструкции крепи горных выработок. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, МГГУ, 2007. – 196 с.
- 9 Жәркенов М.І. «Метрополитен нысандары құрылысының технологиясы». Оқулық, Алматы, ҚазҰТУ, 2009ж. Б.231.
- 10 СНиП II-40-80. Метрополитены (Госстрой СССР). М.: Стройиздат, 2003.
- 11 Техническая документация ОАО "Алматыметрокурылыс", 2013г.

Геологический разрез и характеристики между станциями "Сары-Арка" и "Момышулы" метрополитена г.Алматы



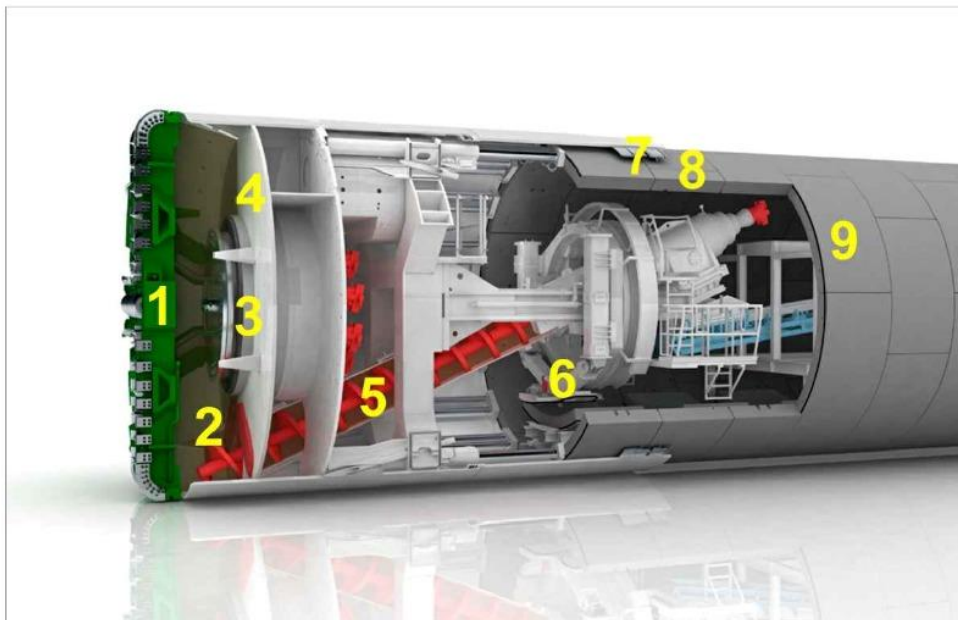
Дипломный проект - 6807205 - 19-3к					
Имя	Лит	Ф.И.О.	Полное	Дата	Лист
Имя	Лит	Ф.И.О.	Полное	Дата	Лист
Имя	Лит	Ф.И.О.	Полное	Дата	Лист
«Проектирование технологического строительства подземных объектов Алмашского метрополитена»					Лист
Геологический разрез и характеристики между станциями "Сары-Арка" и "Момышулы" метрополитена г.Алматы					Лист
Скачать документ					Лист

СХЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛИНИЙ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА



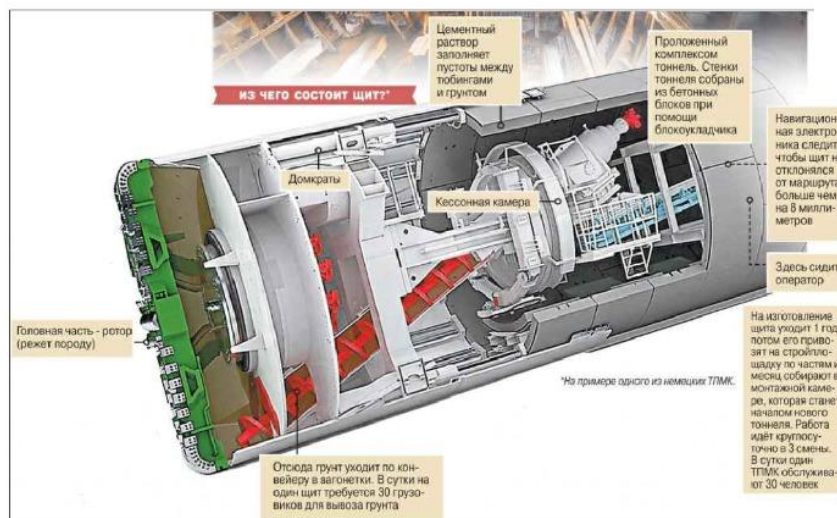
Дипломный проект - 6B07205 - 19 - 3к				Истор	Масштаб
Экз. 2м	Ф.П.О.	Восток. 2м	«Проектирование комплексной строительной инфраструктуры Алма-Атинского метрополитена»		
Проект	Алматы 1:50	Алматы 1:50			
Схема развития линий Алма-Атинского метрополитена				Лист 2	Листов 6
				Алматы, Казахстан, 190000, проспект Тарыхов, дом 7	

Общий вид тоннеллепроходческий механизированный комплекс "Herrenknecht AG S320"



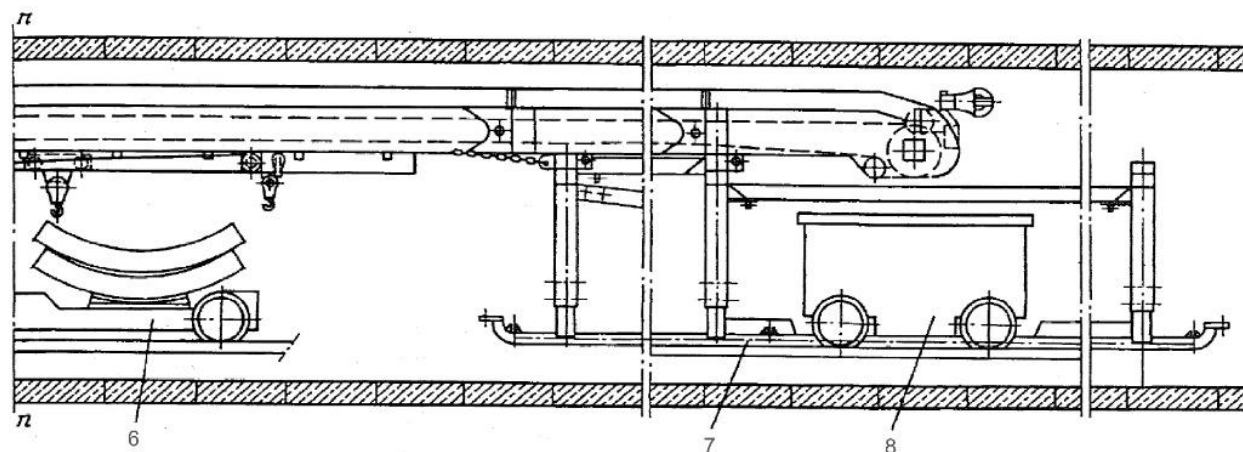
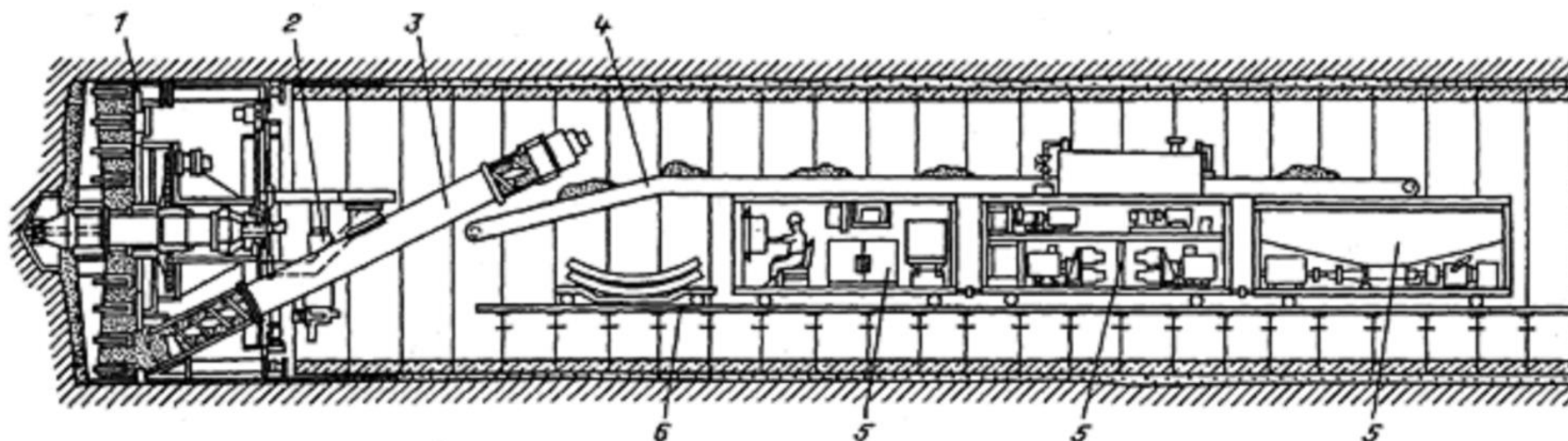
Условные обозначения:

- 1 - Рабочий орган - вращающийся диск с режущими коронками и дисковыми фрезами для дробления грунта.
- 2 - Герметичная камера с пластичным грунтом, в которой создается давление, равное давлению в забое
- 3 - Миксер, изготавливает грунт нужной консистенции для герметичной камеры
- 4 - Переборка, удерживает давление в герметичной камере
- 5 - Шнековый конвейер, удаляет избыток грунта из герметичной камеры
- 6 - Эректор. Вакуумный манипулятор для установки сегментов тоннеля и пост дистанционного управления
- 7 - Внешняя оболочка проходческого щита
- 8 - Место тампонирувания. Кольцевой зазор между выемкой поверхности грунта и наружной частью туннельной футеровки непрерывно заполняется бетонным раствором
- 9 - Готовый тоннель из бетонных сегментов



				Дипломный проект - 6B07205 - 19 - 3к			
Фамилия	Имя	Ф.И.О.	Инициалы	Дипл	Испр	Масса	Масса
Воспитатель	Судья	Судья	Судья	Судья	Судья	Судья	Судья
Протокол	Протокол	Протокол	Протокол	Протокол	Протокол	Протокол	Протокол
				Общая оценка дипломного проекта: Полностью соответствует			
				Инициалы: Инициалы			
				Подпись: Подпись			

Технология разработки и транспортировки породы с ТПМК

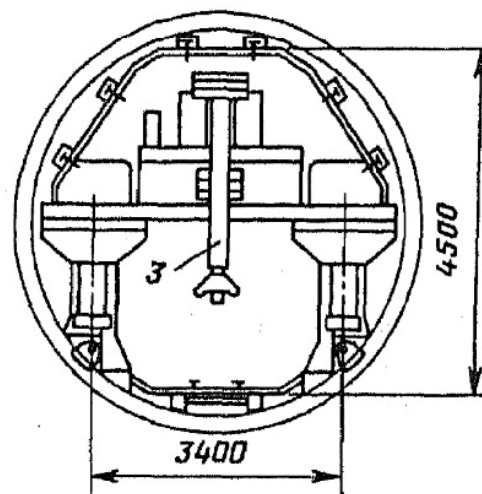
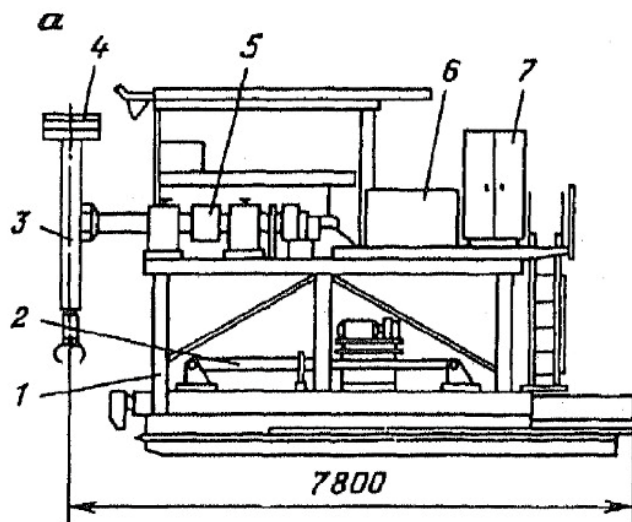


Условные обозначения:

- 1 - Герметичный щит;
- 2 - Рычажный блокоукладчик;
- 3 - Шнековый конвейер;
- 4 - Тоннельный конвейер;
- 5 - Платформы с технологическим оборудованием (пульт контроля, насосная и электрооборудование);
- 6 - Блоковозка;
- 7 - Технологическая платформа;
- 8 - Вагонетка.

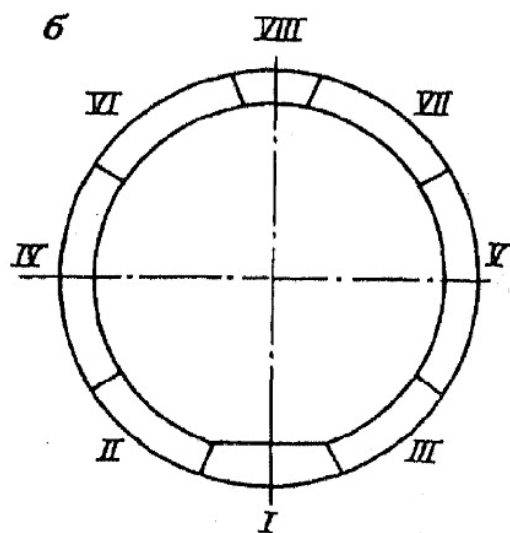
Дипломный проект - 6B07205 - 19 - 3к				Истор	Власов	Олейников
Имя_Фамилия	Ф.И.О.	Должность	Дип.	«Проектирование технологии строительства подземных объектов. Автоматизированное проектирование»		
Подпись	С.И.И.И.	Адрес	1234	Внес	4	Диплом 6
Тема и содержание работы и характеристика породы с ТПМК				Батарея 1 (содержит 1200 знаков "Триггер")		

Возведение обделки тоннеля и нагнетание тампонажного раствора за обделку

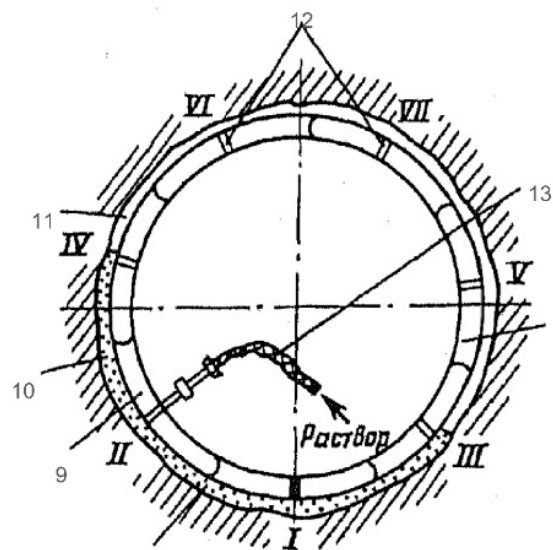


Условные обозначения:

- 1 - Рама тубингоукладчика;
- 2 - Механизм перемещения тубингоукладчика;
- 3 - Рычаг (эректор);
- 4 - Контргруз;
- 5 - Привод поворота рычага;
- 6 - Блок гидрооборудования;
- 7 - Распределительный щит электрооборудования;
- 8 - Грунтовая поверхность;
- 9 - Блоки обделки;
- 10 - Тампонажный раствор;
- 11 - кольцевой технологический зазор;
- 12 - Отверстие в блоках для нагнетания раствора;
- 13 - растворопровод с иньектором.



I - VII - последовательность установки блоков в кольцо



8

I - VII - последовательность нагнетания раствора

Дипломный проект - 6B07205 - 19 - 3к				Лист	Масштаб
Имя	Ф.И.О.	Воспитатель	Диплом		
Воспитатель	С.С.С.С.	С.С.С.С.	С.С.С.С.		
Проект	С.С.С.С.	С.С.С.С.	С.С.С.С.		
Разработчик: С.С.С.С. С.С.С.С. С.С.С.С. С.С.С.С.				Лист 5	Лист 6
Разработчик: С.С.С.С. С.С.С.С. С.С.С.С. С.С.С.С.				Лист 5	Лист 6

Технико-экономические показатели строительства перегонного тоннеля

Зарботная плата

Наименование	Разряд рабочих	Тарифная ставка	Количество рабочих	Расход рабочей силы Чел.смен на цикл	Стоимость у.е	
					На цикл	на 1м
проходчики	6	9.48	1	9.25	87,69	87,69
	5	8,44	2	9.25	156,14	156,14
	4	7.40	1	9.25	68,45	68,45
чсканщики	5	6,92	1	5.07	35,08	35,08
	4	6.06	1	5.07	30,72	30,72
Итого основная зарботная плата						378
Дополнительная зарботная плата (40%)						151
Итого						529
Отчисления на социальное страхование и пенсио (30%)						158
ВСЕГО						688

Стоимость материалов

Наименование	Цена у.е.	Расход на цикл		Сумма затрат на 1 м выработки у.е.
		Количество	Сумма у.е.	
Тюбинги	800	8 шт	6400	6400
Трубы	9,5	80 м	760	760
раствор	24,47	1,9 м³	46,5	46,5
Первичное нагнетание	45	2,3 м³	103,5	103,5
Контрольное нагнетание	47,6	0,76 м³	36,2	36,2
Шпалы	10,89	6 шт.	65,34	65,34
Рельсы	9	2 шт.	18	18
ИТОГО				7429,54
Неучтенные (10%)				742,95
ВСЕГО				8172,49

Стоимость энергии

Вид энергии и Наименование потребителей	Количество	Мощность	Продолжительность работ	Расход энергии на цикл	Стоимость у.е.	Сумма затрат на цикл (1 м) у.е.
Сжатый воздух	2	2м³/мин	180 мин	360 м³	0,006	2,16
Первичного нагнетания	2	7 кВт/час	7,3 часа	102,2 кВт	0,04	4
Вентилятор	1	38 кВт/час	56 часа	2128 кВт	0,04	85,12
Контрольного нагнетания	1	7 кВт/час	15,96 часа	111,72 кВт	0,04	4,46
ТПМК	1	1252 кВт/час	20 часа	25040 кВт	0,04	1001,6
Электроталь	1	1 кВт/час	1 часа	1 кВт	0,04	0,04
ВСЕГО						1097,38

Амортизационные отчисления

Вид оборудования	Количество оборудования	Цена оборудования у.е	Срок амортизации %	Амортизационные отчисления за год у.е.
ТПМК	1	14000000	25	3500000
Автосамосвал КамАЗ	1	55000	25	13400
Платформа для тюбингов	1	350	32	112
Электроталь	1	1245	50	623
вентилятор	1	1360	10	136
Раствор насос для первичного нагнетания	2	3200	50	3200
Раствор насос для контрольного нагнетания	1	3200	50	1600
ИТОГО				3519071
Доставка, монтаж и демонтаж оборудования (25%)				879767,75
ВСЕГО				4398838,75
Объем проходки за год, м				1800
Амортизационные отчисления на 1м, у.е.				2443

Рассчитаны технико-экономическая часть на проходку перегонного тоннеля:

- продвигание забоя на цикл - 1 м;
- скорость продвигания выработки - 150 м/мес;
- время строительства - 4 мес;
- численность проходческого звена - 6 чел;
- сметная стоимость всей выработки - 27 098 400 у.е.

(или 12 194 280 000 тенге.)

Дипломный проект - 6В07205 - 19 - 3к				Лист 6	Масштаб
Имя Фамилия	Ф.И.О.	Подпись	Дата	«Проектирование технологии строительства подземных объектов Азиатского направления»	
Должность	Специальность	Подпись	Дата		
Технико-экономические показатели строительства перегонного тоннеля				Лист 6	Листов 6
				Наименование, наименование, наименование	