

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

УДК 621.646
(индекс УДК)

На правах рукописи

Супранёнок
Евгений Иванович

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОКЛАДКИ ПОДВОДНЫХ
ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ**

*1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений профилизация:
Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»*

Магистерская диссертация

на соискание степени магистра технических наук

Научный руководитель
К.т.н., доцент Кульбей А.Г.

Допущена к защите _____

Новополоцк, 2021г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ	6
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ	7
1.1.Траншейная прокоалка трубопровода	7
1.2.Наклонно-направленное бурение (ННБ).....	8
1.3.Метод микротоннелирования.....	12
1.4.Метод тоннеливания с спользованием щитовой проходки.....	14
1.5.Метод геовинической проходки.....	15
1.6.Прокладка методом «кривых».....	16
1.7. Преимущества и недостатки открытого и закрытого способа прокладки трубопроводов через водные преграды.....	18
ГЛАВА 2 КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПРОКЛАДКИ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ	20
2.1.Конструкция опорно-направляющих колец.....	21
2.2.Выбор материала защитного футляра	23
2.3.Ремонт трубопровода при возникновении аварийных ситуаций.....	26
ГЛАВА 3 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	28
3.1.Расчет стоимости строительства ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации.....	29
3.2.Расчет стоимости строительства ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации	32
3.3.Сравнительный анализ стоимостных показателей способа ННБ и комбинированного способа	35
3.4.Расчет стоимости строительства ПП комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации на защитный футляр из полиэтиленовых труб.....	37
3.5.Расчет стоимости строительства ПП способом ННБ и комбинированным способом при 2-ом периоде эксплуатации	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	46
СПИСОК СОБСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЯ	48

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ПП - подводный переход;

ННБ - наклонно-направленное бурение;

ОНКД - опорно-направляющее кольцо диэлектрическое.

ВВЕДЕНИЕ

Существует множество методов прокладки трубопроводов через естественные и искусственные препятствия. Подход к каждому ПП индивидуальный и зависит от множества условий, таких как рельеф участка, геологическая структура земляных пород, длина ПП, экологические особенности естественной преграды .

В настоящее время наиболее распространёнными способами строительства трубопроводов при пересечении искусственных и естественных препятствий являются способы бестраншейной прокладки. Это обусловлено тем что они зарекомендовали себя как высокотехнологичные (можно подобрать практически для любых нестандартных условий строительства), экологически наиболее безопасные (за счет относительно небольших объемов земляных работ в сравнении с открытым методом прокладки трубопроводов) способы. Однако данные способы так же имеют свои недостатки, а именно в связи с непосредственным контактом рабочей плети на участке перехода с грунтом труба подвергается высокой коррозионной опасности в будущем влекущую за собой изнашивание трубопровода на данном участке. В связи с дороговизной методов бестраншейной прокладки трубопроводов и методов демонтажа трубопроводов запроектированными бестраншейными способами прокладки возникает задача увеличения срока службы трубопровода на участках искусственных и естественных препятствий.

Первое широкое ознакомление белорусской инженерной общественности с многообразными зарубежными технологиями бестраншейного восстановления действующих трубопроводов различного назначения и их прокладки пришлось на конец 80-х и начало 90-х гг. XX в. Появившиеся широкие возможности применения бестраншейных технологий в нашей стране послужили мощным импульсом их пропаганды в последующие годы. Однако проблема ремонта таких труб все еще остается актуальной. В настоящее время срок службы этих стальных трубопроводов 25-30 летней (и более) давности заканчивается и начался их массовый выход из строя. Основной причиной высокой аварийности трубопроводов подземной прокладки является то, что заводы-изготовители не гарантировали их долговременной прочности при совместном воздействии изменений внутреннего гидравлического давления и внешней нагрузки [1,2].

Практика показала, что на выполнение ремонта, например, поврежденного подводного трубопровода требуется очень много времени –

несколько месяцев, а иногда и лет. Отказ однониточного трубопровода может привести к простою всей магистрали и в результате к значительному экономическому ущербу вследствие недопоставки потребителям транспортирующего продукта.

Прокладка труб методом наклонно-направленного бурения получила широкое распространение среди бестраншейных методов. Особенность трубопроводов, проложенных методом ННБ, состоит в том, что трубы могут находиться на достаточно большой глубине (минимум 6 м от дна водоема при сооружении трубопровода под водными преградами), под естественными (реки, болота и т.д.), а также под искусственными препятствиями, такими как дороги, здания и т.д. В случае нарушения целостности такого трубопровода, возникает вопрос о его демонтаже и последующей замене .

Демонтировать трубопровод, проложенный методом ННБ, можно его полным раскапыванием, что приводит к большим объемам земляных работ, либо методом вырывания трубопровода из земли, что (с учетом большой протяженности ПП и явления «присоса» конструкций, долгое время находящихся в земле) требует усилий, по своей величине больших, чем прочность стальной трубы.

Целью демонтажа трубопроводов является их удаление из земли для прокладки нового трубопровода в том же месте, так как отремонтировать непосредственно дефектный участок при пересечении естественных или искусственных препятствий в большинстве случаев не предоставляется возможным. А прокладка параллельно нового участка без демонтажа старого влечет за собой увеличение охранной зоны и, следовательно, количества отводимых земель, а также, еще одним минусом «захоронения» старого трубопровода является экологический аспект, так как корродируемый трубопровод негативно влияет на окружающую среду и на грунтовые воды. Также демонтаж трубопровода необходим при прокладке новых коммуникаций или постройки сооружений на месте демонтируемого трубопровода, особенно это актуально в населенных пунктах.

Для того чтобы увеличить эксплуатационный период и ремонтпригодность трубопровода, а также избежать строительства нового подводного перехода в параллели старого трубопровода избегая демонтажа старой нитки нами был предложен новый способ прокладки трубопроводов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель диссертации заключается в разработке нового способа прокладки подводных переходов (ПП) трубопроводов позволяющего совершать ремонт без вскрытия трубопровода в русле реки.

Задачи:

- 1) Провести анализ существующих методов строительства ПП трубопроводов и выявить их преимущества и недостатки;
- 2) Определение экономической рентабельности строительства ПП предлагаемым способом на стадии проектирования.

В качестве **объекта** исследований выступают подводные переходы трубопроводов.

Предметом исследования является предлагаемый способ прокладки трубопроводов на участке подводного перехода.

Научная новизна полученных результатов.

Применение известной конструкции «труба в трубе» в новых условиях: не на стадии ремонта, с уменьшением внутреннего диаметра, а на стадии проектирования, с сохранением внутреннего диаметра и увеличением надежности эксплуатации подводного перехода.

Практическая значимость полученных результатов. Практическая значимость работы заключается в разработке способа прокладки подводных переходов трубопроводов, который позволит производить ремонт трубопровода по отработанной методике.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, глав и заключения, содержит 49 страниц текста, 14 рисунков, 5 таблиц, 5 графиков, 1 диаграмма, список использованных источников, список собственных публикаций, приложения.

РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ

В мировой практике строительства трубопроводов наиболее широкое применение получили методы их прокладки, которые условно можно разделить на две группы: траншейные и бестраншейные.

1.1. Траншейная прокладка трубопровода

Одним из самых распространенных методов строительства является траншейный метод (рисунок 1.1.1). Он включает в себя подводную разработку траншеи специальной землеройной и одновременно с этим подготовку дюкера (дюкер - часть магистральной трубы, проходящая через водную преграду, изолированная, обернутая футеровочной рейкой и утяжеленная пригрузами). Применяются три основных метода укладки трубопровода в подводные траншеи: протягивание по дну; погружение с поверхности воды трубопровода полной длины и укладка с плавучих средств и опор.

Каждый из перечисленных методов укладки имеет свои недостатки, основным из которых является большой объем подводно-технических и земляных работ, связанных с разработкой траншеи, однако при определенных условиях имеют ряд преимуществ. Чаще всего траншейный метод строительства подводных переходов применяется в случаях невозможности использования бестраншейных методов, характеризующихся рядом ограничений.



Рисунок 1.1.1. Траншейный метод

1.2. Наклонно-направленное бурение (ННБ)

Наклонно-направленное бурение (ННБ) - это высокотехнологичный метод производства подземных работ, позволяющий минимизировать ущерб окружающей среде, прокладывать инженерные коммуникации в недоступных, при производстве работ обычным открытым способом, местах, под автомобильными дорогами, железнодорожными путями и под реками, под зданиями и сооружениями, под насыпями и оврагами. Данный метод был изобретен в 1963 году Мартином Черрингтоном [3].

Метод ННБ позволяет выполнять работы по прокладке инженерных коммуникаций:

- сетей водоснабжения и водоотведения;
- кабельных сетей и футляров для них;
- сетей газоснабжения;
- участков нефте-, газо-, продуктопроводов;
- дренажных систем с высокой скоростью по сравнению с другими способами ведения подобных работ.

Сущность метода ННБ состоит в использовании специальных буровых станков (буров, штанг), которые осуществляют предварительное (пилотное) бурение по заранее рассчитанной траектории с последующим расширением скважины (с помощью набора расширителей и буровых головок, которые могут омываться буровым раствором для смазывания отдельных узлов) и протаскиванием в образовавшуюся полость трубопровода [4,5].

Специальной буровой установкой в поверхностном слое земли (на глубине до 15 м) производится направленное бурение скважины небольшого диаметра по заданной траектории. Локационная система позволяет с высокой точностью (0,1% от глубины залегания – на 10 м ± 1 см) определять координаты буровой головки и прокладывать трассу в соответствии с проектом. Затем скважину расширяют до требуемого диаметра, позволяющего проложить трубопровод. Затем протаскивают плетень (заранее сваренного и испытанного) рабочего трубопровода.

Буровой комплекс состоит из собственно буровой установки (рисунок 1.2.1.) и узла приготовления бурового раствора, который необходим для смазки образующейся скважины, её стабилизации, удаления отходов бурения и охлаждения буровой головки или её коронки. В качестве бурового раствора может применяться вода, однако в большинстве случаев используются растворы на основе бентонита или полимеров. Буровые растворы, как правило, подлежат очистке и повторному использованию. Оборудование

полностью размещается на одном трейлере, мобильно, автономно и транспортируется на любое расстояние к месту проведения работ. Монтаж на объекте занимает 2 - 4 часа и сводится к выставлению установки на точке забуривания и подсоединению к раствору узлу. Монтажные работы методом наклонно- направленного бурения выполняются на ограниченных по размерам и площади стройплощадках. Используя метод наклонно направленного бурения, сроки производства работ сокращаются в 1,5 и более раз [6].



Рисунок 1.2.1. - Установка ННБ

Скорость проведения работ методом наклонно направленного бурения достигает 100 м прокладки трубопроводов ($d - 110...600$ мм) за смену.

Установки наклонно направленного бурения работают с поверхности земли. Для производства работ не требуется рытье котлованов, использование тяжелой землеройной техники и самосвалов, не нарушается плодородный слой земли, не уничтожается травяной покров и зеленые насаждения.

Строительство подземных коммуникаций по технологии ННБ осуществляется в три этапа: бурение пилотной скважины, последовательное расширение скважины и протягивание трубопровода [7].

Этап 1 – бурение пилотной скважины. Бурение пилотной скважины (рисунок 1.2.2.) - особо ответственный этап работы, от которого во многом зависит конечный результат. Оно осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента - буровой головки со скосом в передней части и встроенным излучателем.

Буровая головка соединена с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить выявленные на этапе подготовки к бурению подземные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка проникает в землю в заданной точке входа под углом от 8 до 16 градусов [8,9].

Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровой раствор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, размывает породу и очищает скважину от ее обломков, вынося их на поверхность.



Рисунок 1.2.2. - Бурение пилотной скважины

Этап 2 – расширение скважины. Расширение скважины (рисунок 1.2.3.) осуществляется после завершения пилотного бурения, для увеличения пилотного отверстия до подходящего диаметра. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется «риммер» - расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением «риммера» протягивается через створ скважины

в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 25-30% превышать диаметр трубопровода.

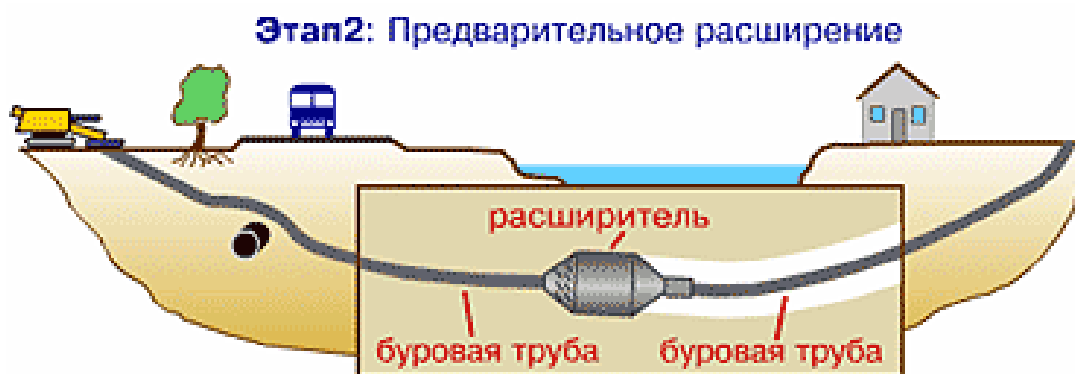


Рисунок 1.2.3. - Расширение скважины

Этап 3 – протягивание трубопровода. Протягивание трубопровода (рисунок 1.2.4.) на противоположной от буровой установки стороне скважины располагается предварительно сваренная и испытанная плеть трубопровода. К переднему концу плети крепится оголовок, оголовок цепляется за вертлюг с расширителем.

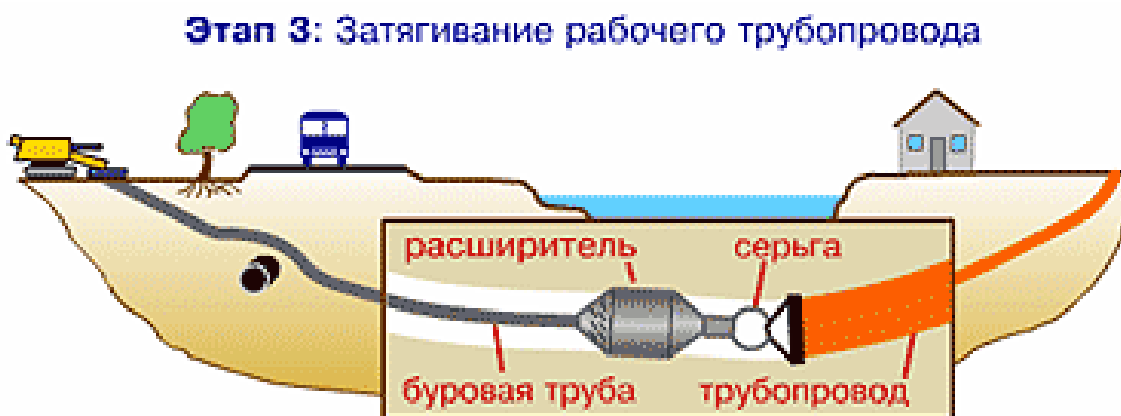


Рисунок 1.2.4. - Протягивание трубопровода

Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории [10,11].

1.3. Метод микротоннелирования

Технология микротоннелирования (рисунок 1.3.1) состоит в следующем, на подготовительном этапе разрабатывают два котлована на заданной траектории прокладки трубопровода по обе стороны от естественной или искусственной преграды, их называют стартовым и приемным. На территории стартового котлована грунт закрепляется щебнем, а грунт на месте размещения крана и другой тяжелой техники уплотняется. Затем сооружается стартовый котлован, который должен отвечать всем требованиям безопасности, глубина котлована зависит от проектного заглубления строящегося трубопровода под русловой частью водоема. На монтажной площадке размещают временный склад труб, оснащенный брусчаткой с твердой основой. Все необходимое для постройки также размещают на монтажной площадке. Будка оператора проходческого щита должна находиться перед стартовым котлованом, так чтобы оператор мог визуально наблюдать за ходом прокладки. В стартовый котлован для образования тоннеля спускают и устанавливают проходческий щит на установку с домкратами (закрепленную на блоке из монолитного бетона, выдерживающую максимальную подающуюся нагрузку), который в свою очередь механически разрушает преграждающую ему породу. Продвижение щита происходит путем наращивания труб, устанавливаемых в котловане на специальной опоре с домкратами. Направление прокладки проходческого щита отслеживается системой лазерного наведения, которая обеспечивает наибольшую точность трасы. Механически обработанный грунт, образовавшийся в передней части, перемещается в камеру для смешивания с вымывателем бурильной установки, а далее по технологическим трубам перемещается в котлован. По мере того как были установлены железобетонные кольца и проходческий щит оказался в приемном котловане его демонтируют. [12]



Рисунок 1.3.1. Микротоннелирование

Технические характеристики микротоннелирования:

- диаметры труб от 800 до 15000 мм;
- минимальное расстояние между стартовым и приемным котлованами 150м, с применением промежуточных домкратных станций – до 450 м;
- отклонение от заданной траектории - не более 10 мм на каждые 100 м;
- скорость проходки – 3 м/ч;
- проходка в любых видах грунта.

Преимущества технологии микротоннелирования заключаются в следующем:

- нет ограничений по длине проходки проходческого щита;
- нет ущерба русловой и береговой части водоема;
- нет ограничения для строительства по времени года;
- полностью автоматизированное производство (отсутствие рабочего персонала в забое при прокладке);
- нет ущерба окружающей среде;
- сжатый срок строительно - монтажных работ;
- минимизация риска аварийной ситуации, надежность трубопровода в течении длительного времени;
- обход препятствий по траектории прокладки трубопровода.

Недостатки технологии микротоннелирования:

- в трещиноватых доломитах есть большой риск заклинивания трубного става, в связи с относительно высокой прочностью породы и опасностью возникновения неравномерного горного давления;
- на границе перехода из прочных пород в зону карстового образования при малейшем отклонении щита от заданной траектории резко возрастают усилия продавливания всего трубного става (заклинивание), при превышении которых будет происходить разрушение секций трубного става;
- при преодолении карстовых участков возникает большая степень риска отклонения трубного става от проектной траектории прокладки микротоннеля, что повлечет за собой изменение проектного положения и расчетной схемы трубопровода;
- стандартная конструкция труб не предусматривает связи растяжения в стыках, поэтому заклинивание может привести к раскрытию стыка и прорыва грунта в микротоннель при проходке в слабых грунтах.

1.4. Метод тоннелирования с использованием щитовой проходки

Технология строительства подводного перехода трубопровода при помощи тоннелирования с использованием щитовой проходки заключается в следующем: Строительство тоннеля при помощи щита производится на глубине 8 – 10 метров от поверхности, Разработка породы и строительство стенок скважины происходит под защитой стального корпуса проходческого щита. Проходка щита осуществляется при помощи гидравлических домкратов. Диаметр проходческого щита составляет от 2 до 4 метров, изготовлен из толстого цельносварного или разборных листов стали. Представляет собой цилиндрический объект, внутренний диаметр которого подбирается в соответствии с диаметром сооружения тоннеля. Разработка грунта производится в передней части проходчика механизированным или ручным способом, а обделка, строительство стенок скважины происходит в хвостовой части устройства. Обделку стенок тоннеля сооружают из отдельных железобетонных конструкций скрепленные между собой при помощи метизных соединений или из монолитного бетона (бесшовная обделка). В зависимости от способа разрушения грунта и его транспортирования на поверхность различают тоннелепроходчики механизированные и немеханизированные.

Существуют немеханизированные тоннелепроходчики с открытой и закрытой головной частью. Открытые применяют преимущественно в

устойчивых и песчаных грунтах, закрытые обычно применяют для проходки в пльвунах, глинистых, илистых, пластично-текучих грунтах. Немеханизированный способ проходки обычно применяют при строительстве тоннеля диаметром менее 2,5 метров, по конструкции этот тоннелепроходчик мало чем отличается от немеханизированного.

Немеханизированный цельносварной щит диаметром 2,06 м с открытой передней частью состоит из нескольких основных частей: передней режущей части (ножевая часть), опорной части, хвостовой части. Передняя часть имеет козырек и клиновые ножи, которые предназначены для срезания грунта тем самым проходки устройства вглубь.

Длина передней части тоннелерпоходчика определяется в зависимости от физико механических свойств породы, высоты забоя, коэффициента маневренности щита. Маневренность щита определяется отношение длины самого щита к диаметру и обычно составляет от 0,4 до 1,6 в зависимости от условий применения.

По периметру корпуса устройства размещены домкраты, которые осуществляют продвижение тоннелепроходчика в грунтовой толще. При передвижении щита вглубь, неподвижными остаются опорные части штока домкрата, заранее установленные на ранее вмонтированных блоках обделки тоннеля, а остальная часть щита медленно продвигается в грунт. Опорная часть, которая находится по середине щита выполнена в виде трех колец (толщиной 30 мм каждая), обеспечивающих жесткость конструкции тоннелепроходчика.

Применение щитового способа намного облегчает выбор местности прокладки трассы подземных коммуникаций, а также позволяет строить тоннели практически в любых условиях, грунтах и обеспечивать при этом высокую надежность, сохранность инженерных, искусственных сооружений, расположенных над тоннелем. Основными недостатками данного способа является небольшая скорость прокладки коммуникаций, высокая стоимость проходки. [13]

1.5. Метод геовинчестерной проходки

Принцип геовинчестерной технологии проходки такой же, как микротоннелировании, особенность такой проходки в том, что используется винтоповоротный проходческий агрегат (ВПА). Механизированный процесс разработки горной породы с помощью законтурных винтовых и продольных каналов винтоповоротного

проходческого агрегата (рисунок 1.5.1.) ведется совмещено с транспортом грунта породы, укреплением выработанного пространства тоннеля путем проходки твердого тела (оборудования) и проходки самого ВПА к забою. Горная порода в такой технологии выступает как опорный элемент, усваивающий реактивные усилия винтоповоротного проходческого агрегата. Если описать эту технологию простым языком, то это принцип технологии мясорубки. Геовинчестерная технология проходки разработана для твердых скальных пород, где традиционные методы проходки практически бессильны.

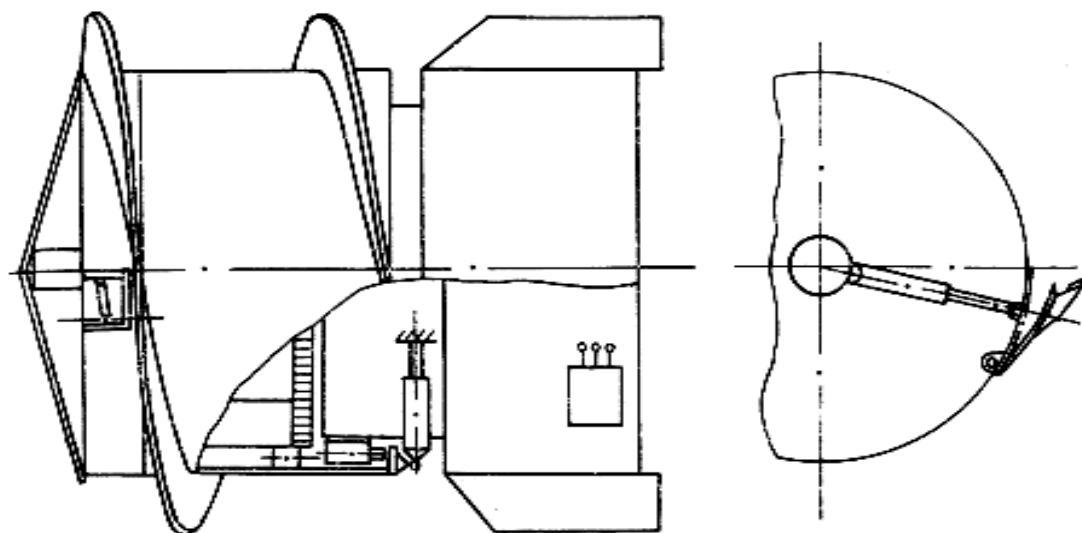


Рисунок 1.5.1. Схема рабочего органа винтоповоротного проходческого агрегата

Преимущества геовинчестерной технологии проходки:

- Стабилизация укрепление стенок горной породы телом протаскиваемого трубопровода, зафиксированного с ВПА;
- Отсутствует необходимость применения бентонитового раствора;
- Техническая особенность выведения грунта ВПА;
- Маневренность ВПА;
- Нет необходимости в установке опорных тел для проходки ВПА;
- Выработка туннелей большого диаметра и увеличение длины проходки.

1.6. Прокладка методом «кривых»

Технология метода «кривых» заключается в использовании проходческого щита с применением изогнутых труб под определенным углом (2 – 9 градусов и диаметром 600 – 1420 мм) вместо буровых

штанг. Трубопровод, состоящий из изогнутых труб, представляет собой параболическую (арочную) конструкцию [14].

Строительство подводного перехода методом «кривых» состоит из четырех этапов: подготовительный, строительные-монтажные работы по укладке трубопровода, демонтаж оборудования, гидравлические испытания. Подготовительный этап строительства подводного перехода заключается в установке наклонной конструкции с заданным уклоном трассы в точке входа, устанавливается лафет продавливающей установки PPP – 400 компании "Prime Drilling". В точке входа устанавливается бетонное основание, служащее как торцевая упорная стенка с «окном для монтажа» круглого сечения для прохождения микрощита MTS – 1000 м³ и рабочей плети трубопровода. На «окно для монтажа» закрепляется массивный сальник и резиновый уплотнитель, служащий для прохождения рабочей плети и предотвращения попадания раствора бентонита в затрубное пространство микрощита (рисунок 1.6.1.) и выход раствора за пределы пробуриваемой скважины.



Рисунок 1.6.1. Прокладка методом «кривых»

На следующем этапе строительства происходит запуск микрощита MTS – 1000 м³, установленного на раме продавливающей установки PPP – 400, соединенный с головной предварительно изогнутой трубой путем соединения трубой – адаптером. Труба -адаптер, представляет собой часть стальной трубы заданного диаметра трубопровода, предназначенная для упрощения соединения и демонтажа микрощита. Для запуска микрощита

необходимо закрепить его зажимной манжетой на продавливающей установке, при продавливании микроцит проходит через «окно для монтажа». Микроцит MTS – 1000 м оборудован режущими инструментами, блоком сцепки – расцепки, служащий для передвижения буровой головки путем хода встроенных штоков гидроцилиндров в продольном направлении бурения (до 700 мм), включает в себя пространственную корректировку направления и угла проходки. Гидротранспорт бурового шлама обеспечивается тремя насосами производительностью 120 м³/час, мощностью 37 кВт каждый, снабженные электронными расходомерами и пневмозадвижками, рабочей плетью трубопровода и шлангами. Подача бентонитового раствора происходит путем его распыления из форсунок микроцита. По мере прохождения микроцита MTS – 1000 м³ происходит наращивание рабочей плети трубопровода на продавливающей установке путем автоматической аргоно – дуговой сварки стыка труб и ее экструзионной гидроизоляции сварочного стыка труб. Во время сварки трубы поддерживаются подъемником при заданном угле. Все сопутствующие шланги и подводные трубы протягивают в укладываемую плеть трубопровода.

Третий этап строительства – демонтаж оборудования. Когда микроцит проходит установленную трассу залегания трубопровода и доходит до заданной точки выхода, он выходит на поверхность, где он подлежит процессу демонтажа. Демонтаж заключается в выемки микроцита из грунта экскаватором и подъемником. Микроцит демонтируется только после того как появится из скважины рабочая плеть трубопровода, чтобы избежать попадания грунта в полость трубопровода и повреждения внутренних коммуникаций (проводов, шлангов и др.). На заключительном этапе строительства происходит сварка уложенной рабочей плети с действующим трубопроводом и последующим его гидроиспытанием.

1.7. Преимущества и недостатки открытого и закрытого способа прокладки трубопроводов через водные преграды

Исходя из возросших требований экологической безопасности, закрытый способ имеет значительные преимущества, т.к. открытый способ требует выполнение большого объема земляных работ, наносящих значительный ущерб окружающей среде из-за нарушения целостности берегов и дна

реки. Трубопровод, уложенный в скважину, находится в массиве ненарушенного грунта на большой глубине – ниже прогнозируемых русловых деформаций. Исключаются водолазные обследования, отпадает необходимость периодических работ по ликвидации размывов и ремонту берегоукреплений. Срок строительства при закрытом способе значительно меньше, чем при открытом способе. В связи с отсутствием землечерпательных работ и график строительства при закрытом способе не зависит от времени года. При открытом способе строительства график строительства находится в зависимости от ледового режима, периода половодья. Открытый способ не имеет ограничений по геологическим условиям, что не скажешь про закрытый способ, т.к. наибольшую сложность для бурения представляют грунты с большим содержанием гравия (более 30%), а также грунты, содержащие булыжники и валуны. Весьма рискованным является также бурение в зоне водоносных пластов. Также при закрытом способе существуют ограничения по максимальной длине и диаметру перехода, так при диаметре 1020 возможно осуществить протаскивание плети длиной 1200 метров. Жестоких ограничений для осуществления закрытого способа по погодным условиям нет, однако при отрицательных температурах требуются дополнительные мероприятия по защите технологической воды и бурового раствора от замерзания – строительство укрытий, теплоизоляция технологических трубопроводов.

РАЗДЕЛ 2. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПРОКЛАДКИ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Идея нашего метода заключается в использовании защитного футляра заведомо большего диаметра проложенным методом ННБ в полость которого, с помощью протаскивания тросом на скользящих опорно-центрирующих устройствах, протаскивается эксплуатируемый трубопровод. Материал защитного футляра можно подбирать в зависимости от геологической структуры и обводненности участка. Так, в качестве материала мы можем использовать как стальные, так и армированные высокопрочные полимерные трубопроводы.

Для уменьшения течения коррозионных процессов внутритрубного пространства и тела трубы, предполагаем заполнение межтрубного пространства инертными газами, например, азотом, наполнение и вытеснение которого возможно через вантузы. Конструкция «футляр + труба» позволит нам избавиться от прямого воздействия агрессивной среды на трубопровод.

Одной из основных функций защитного футляра, обеспечить прочность скважины для последующей замены трубопровода на второй и последующие эксплуатационные периоды. Комбинированный способ (рисунок 2.1. а,б) позволит оптимизировать ремонтно-восстановительные работы, так как трубу, находящуюся в полости защитного футляра можно мобильно извлечь методом выкатывания из наружного трубопровода, с минимальным производством земляных работ в речной долине.

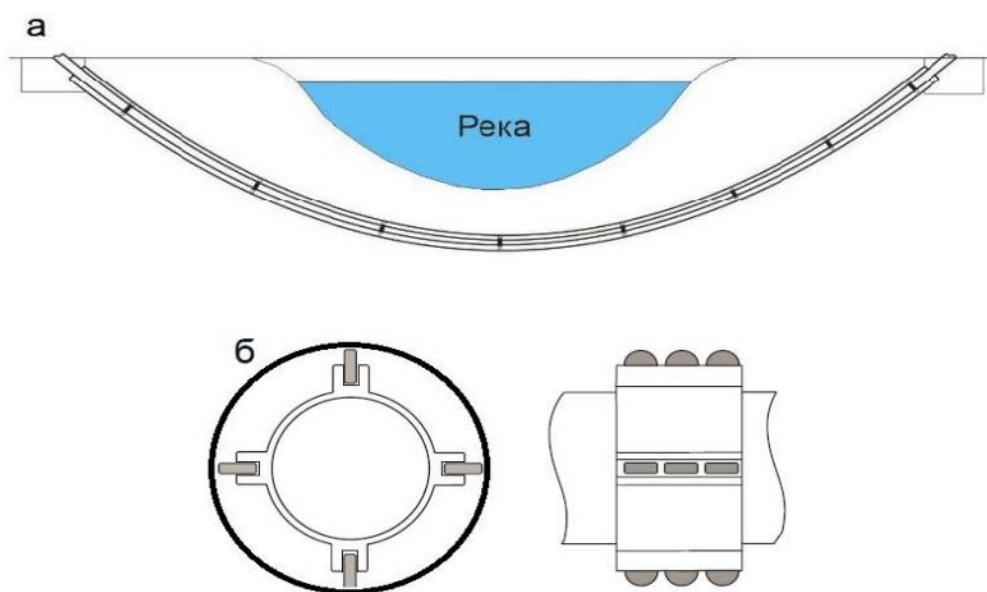


Рисунок 2.1. Комбинированный способ прокладки

2.1. Конструкция опорно-направляющих колец

Для того чтобы избежать механических повреждений, а также защитить основную нитку трубопровода от коррозии используют опорно-направляющие кольца. В нашем случае нужно учесть, что при прокладке комбинированным способом длина протаскивания в футляре будет большой, а это значит что конструкция опорно-направляющих колец должна быть прочной и обеспечивать максимальное скольжение в полости защитного футляра. В настоящее время хорошую репутацию получили следующие типы опорно-направляющих колец это:

Опорно-направляющие кольца «Спейсер» (рисунок 2.1.1.)

Данная конструкция состоит из сегментов, соединяемых болтами. Сегменты кольца производятся из полиэтилена методом литья под давлением. Кольца обеспечивают электрическую изоляцию между двумя трубами, устойчивы к химической коррозии, давлению, механическим и термическим ударам.



Рисунок 2.1.1. Опорно-направляющее кольцо «Спейсер»

Роликовые опорно-направляющие кольца РОНК (рисунок 2.1.2.)

Такие опорно-направляющие кольца состоят из 2-3 сегментов соединенных между собой болтовыми соединениями. Кольца РОНК изготавливаются из специальных высокопрочных антифрикционных полимеров. Главным отличием такого кольца является его ролик благодаря которым протаскивание трубопровода в футляр станет значительно легче и проще. При практических испытаниях колец в реальных условиях было установлено что при шаге колец с $l=0,8$ м возможно осуществить протаскивание трубопровода $\varnothing 1400 \times 20$ мм длиной протаскивания свыше $L=3000$ м при этом износ роликовых опор составит не более 0,2 мм.



Рисунок 2.1.2. Роликовое опорно-направляющее кольцо РОНК

Опорно-направляющие кольца ПМДТ (рисунок 2.1.3.)

Кольца ПМДТ представляют собой комбинированную версию ОНКД РОНК и «Спейсер». Данное кольцо образовано из двух полуколец и соединено болтовыми соединениями. Такие кольца можно разделить на три типа представленных на рисунке 2.1.3.

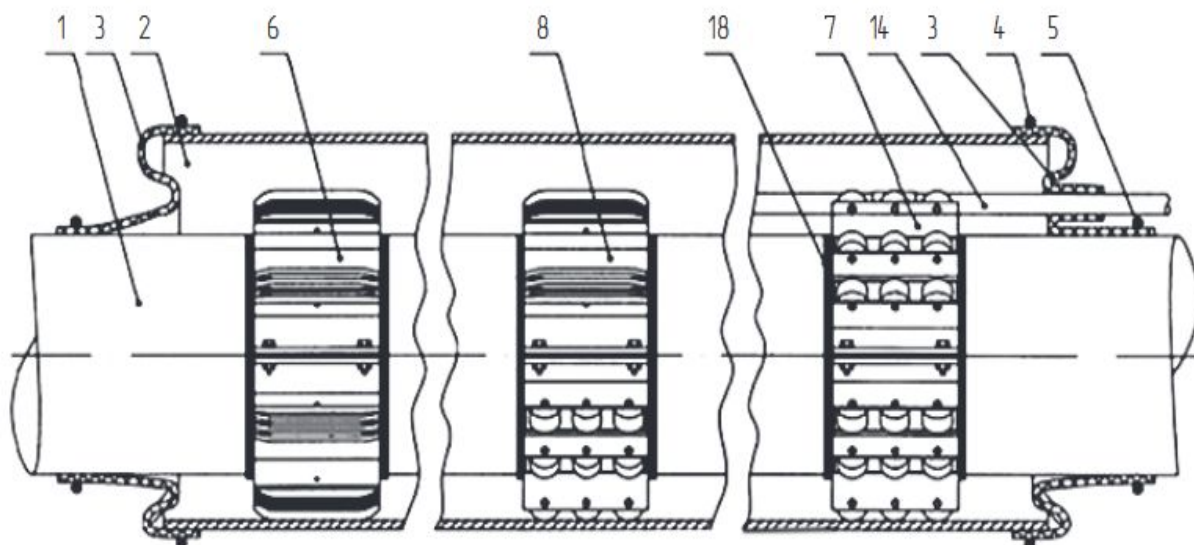


Рисунок 2.1.3. Общий вид опорно-направляющих колец ПМТД

1 – магистральный трубопровод; 2 – защитный футляр; 3 – герметизирующая манжета; 4, 5 – хомут стяжной; 6 – кольцо опорно-направляющее Тип 1 (с опорами скольжения); 7 – кольцо опорно-направляющее Тип 2 (с опорами качения); 8 – кольцо опорно-направляющее Тип 3 (с комбинированными опорами); 14 – защитные трубы для кабелей связи; 18 – резиновая прокладка под кольцо.

Данная конструкция колец ПМТД обеспечивает хорошую устойчивость нахождения трубопровода в защитном футляре и позволяет уменьшить усилия затраченные на протаскивание.[15] В нашем случае для комбинированного способа прокладки трубопроводов на участках ПП мною принято решение задействовать конструкцию опорно-направляющих колец ПМДТ Тип 3.

2.2. Выбор материала защитного футляра

В настоящее время наиболее распространенными материалами для изготовления труб является сталь и полиэтилен. В нашем случае комбинированный метод предполагает использование как стальных так и полиэтиленовых защитных футляров в зависимости от геологической структуры русла реки подбирается один из этих материалов.

Сравним данные материалы труб.

Стальные трубы (рисунок 2.2.1.):

Трубопроводы из стали являются наиболее применимыми в трубопроводном транспорте. Они используются как для транспортировки

продукта так и для изготовления защитных футляров трубопровода под авто дорогами. Перечислим их основные преимущества и недостатки.



Рисунок №2.2.1. Стальные секции труб для изготовления защитного футляра.

Преимущества стальных труб:

- высокая прочность, возможна прокладка на большой глубине ;
- надежность и герметичность сварного соединения;
- срок службы 15-25 лет.

Недостатки стальных труб:

- большой вес а как следствие большой вес протаскиваемого дюкера;
- низкая коррозионная устойчивость;
- плохая гибкость.

Полиэтиленовые трубы (рисунок 2.2.2.):

Полиэтиленовые трубы в отличие от стальных являются более легкими и гибкими они в меньшей мере подвержены коррозии, имеют высокую прочность и значительно повышенный модуль упругости порядком до 3000-3500 МПа. Трубы из полиэтилена являются более устойчивыми к жидкостям а как следствие будет обеспечена хорошая защита трубопровода от влаги и от коррозии.



Рисунок №2.2.2. Полиэтиленовые секции труб для изготовления защитного футляра.

Преимущества полиэтиленовых труб:

- химическая стойкость труб позволяющая их использовать в различных отраслях;
- полиэтиленовые трубы за счет своих химико-физических свойств могут служить и соответствовать своим нормативным стандартам до 50 лет;
- легкость эластичность, и прочность конструкции, трубы из полиэтилена могут выдержать давление до 16 атм;
- прочность и долговечность сварных соединений
- меньшая цена в сравнении со стальными трубами.

-

Недостатки полиэтиленовых труб:

- под воздействием ультрафиолетового излучения увеличивается процесс старения;
- прочность трубопровода зависит от температуры внутренней среды.

Придем к выводу что наряду со стальными трубами для защитного футляра можно также использовать и футляры из полиэтиленовых труб, такая конструкция будет более дешевой, легкой и долговечной однако из-за невысокой прочности не всегда применима в реальных условиях. Поэтому выбор материала футляра должен быть нанесен на реальные условия к уже конкретному подводному переходу.

2.3 Ремонт трубопровода при возникновении аварийных ситуаций

В отличие от метода ННБ, трубопроводы проложенные комбинированным способом являются более ремонтпригодными. При возникновении аварийной ситуации утечка происходит не в грунт либо в саму реку, а в полость футляра тем самым защитный футляр помогает нам не только защитить трубопровод от внешней среды и ее нагрузок, но и выиграть время при утечке продукта за счет межтрубного пространства созданного трубой и защитным футляром.

При возникновении аварийной ситуации на участке ПП ремонт дефектного участка будет выполняться следующим образом:

1. снятие плодородного слоя почвы и разработка траншей на длину отстоящую от футляра позволяющую его извлечь без нанесения повреждения основной нитки;
2. проверка загазованности котлована;
3. откачка оставшегося продукта из полости футляра и полости основной нитки;
4. газопламенная резка трубопровода с обеих сторон защитного кожуха;
5. извлечение трубопровода из полости защитного футляра на лежки при помощи лебедки трубоукладчиков и экскаваторов методом «выкатывания»;
6. очистка полости дюкера механическим методом от остатков продукта, а также очистка защитного футляра пневматическим методом;

7. замена секций дефектного участка трубопровода, производство неразрушающего контроля и изоляция трубопровода с последующей ее контролем искровым методом;

8. замена (или смазка подшипников) опорно-направляющих колец;

9. гидравлическое испытание дюкера с последующей очисткой от остатков воды;

10. протаскивание отремонтированного дюкера в защитный футляр, крепление герметизирующих манжет и их укрытий на концах защитного футляра;

11. производство захлестов с проведение тех же работ что и в пункте №7;

12. обратная засыпка трубопроводов с восстановлением плодородно-растительного слоя.

Таким образом комбинированный способ укладки трубопровода позволяет нам оперативно выполнить ремонтные работы трубопровода на участке ПП и в короткий срок восстановить перекачку продукта. Данная методика ремонта является менее затратной чем производство ремонта трубопроводов проложенных методом ННБ.

Раздел 3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Для того чтобы определить экономическую рентабельность строительства подводного перехода (ПП) комбинированным способом, просчитаем основные экономические показатели ННБ и сравним их с показателями комбинированного способа за два периода эксплуатации трубопровода. Для этого воспользуемся Государственными элементарными сметными нормами (ГЭСН) российской федерации.

ГЭСН — это сборники государственных элементных сметных нормативов на строительные и специальные строительные работы. Сметный норматив отдельных элементов прямых затрат, приходящихся на единицу объёма строительных работ и конструктивных элементов, расход строительных материалов, затраты труда строительных рабочих и времени работы строительных машин. В нормах находят отражение наиболее прогрессивные, экономичные проектные решения и индустриальные методы производства работ. Сметные нормы служат базой для определения сметной стоимости отдельного вида работ, конструкций и зданий. Сборники ГЭСН отражают среднеотраслевой уровень строительного производства на принятую технику и технологию выполнения работ и могут применяться организациями заказчиками и подрядчиками независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. [16]

В нашем случае воспользуемся расценкой составленной по нормативам ГЭСН-2001 редакции 2014 года с дополнениями 1 в ценах марта 2014 года [21], с учетом индекса-дефлятора на 2020г. ($n=1,3037812$), в пересчете на белорусский рубль по курсу НБ РБ ($100 \text{ рос.руб} = 3,4853 \text{ бел.руб}$).

Для того чтобы сравнить разные способы прокладки трубопровода возьмем только основные разделы строительно-монтажных работ, которые наиболее значительно влияют на суммарную составляющую стоимость ПП, а именно сумма прокладки по способу прокладки будет равна:

За 1-ый период эксплуатации: $S_{\text{ННБ СМР}(1)} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$;

$$S_{\text{К СМР}(1)} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 ;$$

За 2-ой период эксплуатации: $S_{\text{ННБ СМР}(2)} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$;

$$S_{\text{К СМР}(2)} = S_1 + S_2 + S_3 + S_5 ;$$

где: $S_{\text{ННБ СМР}(1,2)}$ – полная стоимость строительства ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 1-ом и 2-ом периоде эксплуатации;

$S_{к\text{ смр}(1,2)}$ – полная стоимость строительства ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 1-ом и 2-ом периоде эксплуатации;

S_1 – стоимость трубной продукции;

S_2 – стоимость сварочно-монтажных работ;

S_3 – стоимость комплекса работ по испытаниям трубопровода;

S_4 – стоимость бестраншейной прокладки трубопровода;

S_5 – стоимость демонтажа трубопровода.

Для сравнения возьмем пять диаметров основных ниток труб : 1220 мм, 1020 мм, 820 мм, 530 мм и 273 мм, проложенными предлагаемыми способами, для удобства подсчета длину бестраншейной прокладки трубопровода примем фиксированную равную $L=1000$ м для всех диаметров.

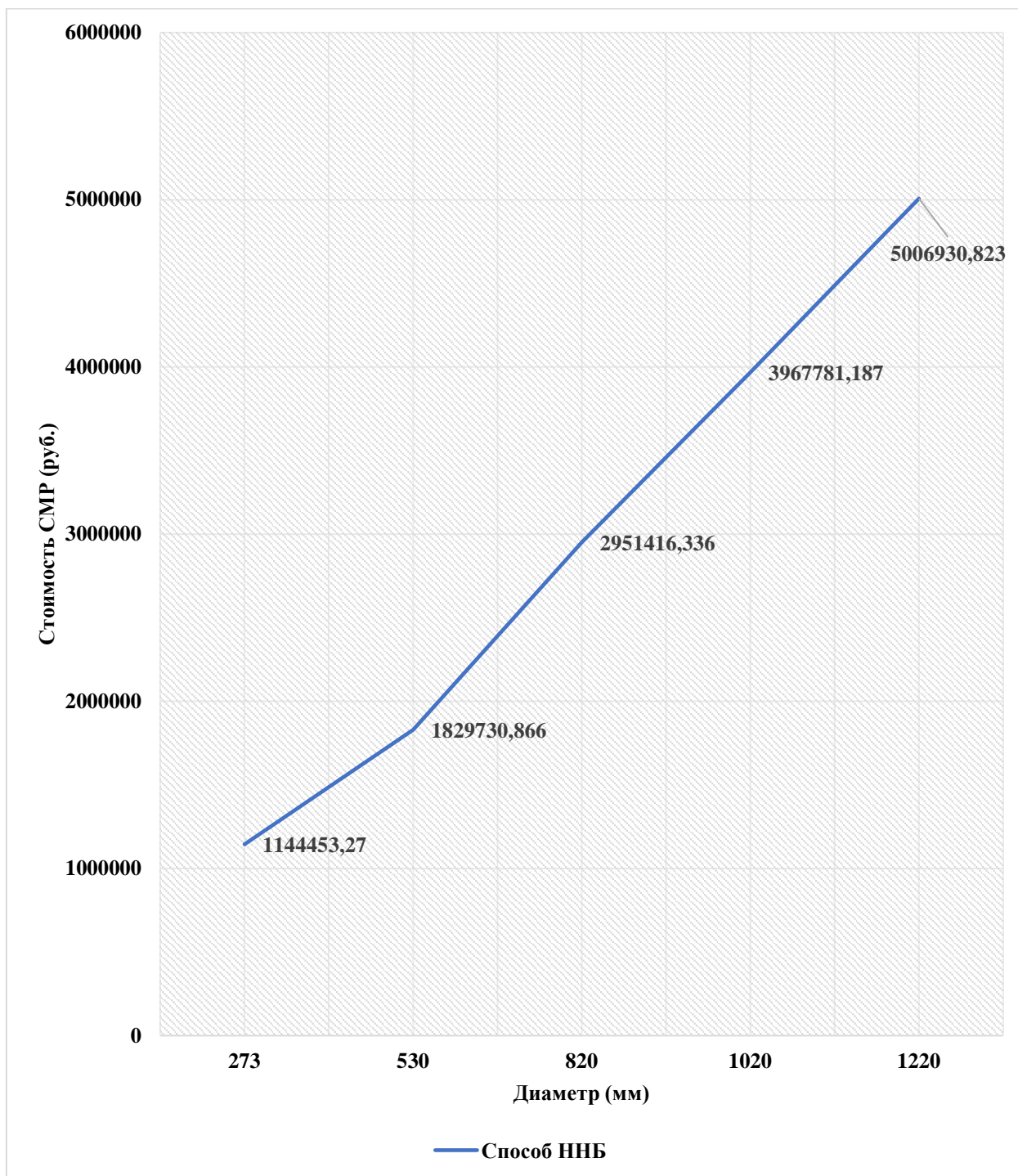
3.1. Расчет стоимости строительства ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации

При подсчете стоимости строительства ПП трубопровода способом ННБ мы учли в подсчетах полную материальную составляющую трубной продукции и материалов для подготовки дюкера к протаскиванию в скважину, а также разницу объемов расхода бентонита затраченного на различные диаметры бурения. После нахождения и подсчета всех нужных расценок согласно ГЭСН-2001 получим следующие значения, которые мы можем увидеть в таблице №3.1.1.

Диаметр (мм)					
Стоимость (руб.)	1220	1020	820	530	273
S_1	1393736,617	1191484,658	857732,33	612436,916	354664,128
S_2	193363,5171	149079,8542	117844,8714	71393,4224	49008,2086
S_3	408963,595	370204,423	262236,1139	226831,055	139744,88
S_4	3010867,092	2257012,262	1713603,021	919069,473	601036,055
$S_{ННБ\ СМР(1)}$	5006930,823	3967781,187	2951416,336	1829730,866	1144453,27

Таблица №3.1.1. Расчетно-стоимостные показатели ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации

На основании полученных данных приведенных в таблице 3.1.1. построим график зависимости полной стоимости строительства $S_{ННБ СМР(1)}$ от диаметра прокладываемого трубопровода способом ННБ (график №3.1.2.).



№3.1.2. График стоимости строительства ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации.

3.2. Расчет стоимости строительства ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации.

В случае строительства ПП комбинированным методом объективно мы сразу можем себе представить, что стоимость строительства будет увеличена за счет использования защитного футляра большего диаметра, строительство которого влечет практически те же затраты что и сооружение дюкера под протаскивание в футляр.

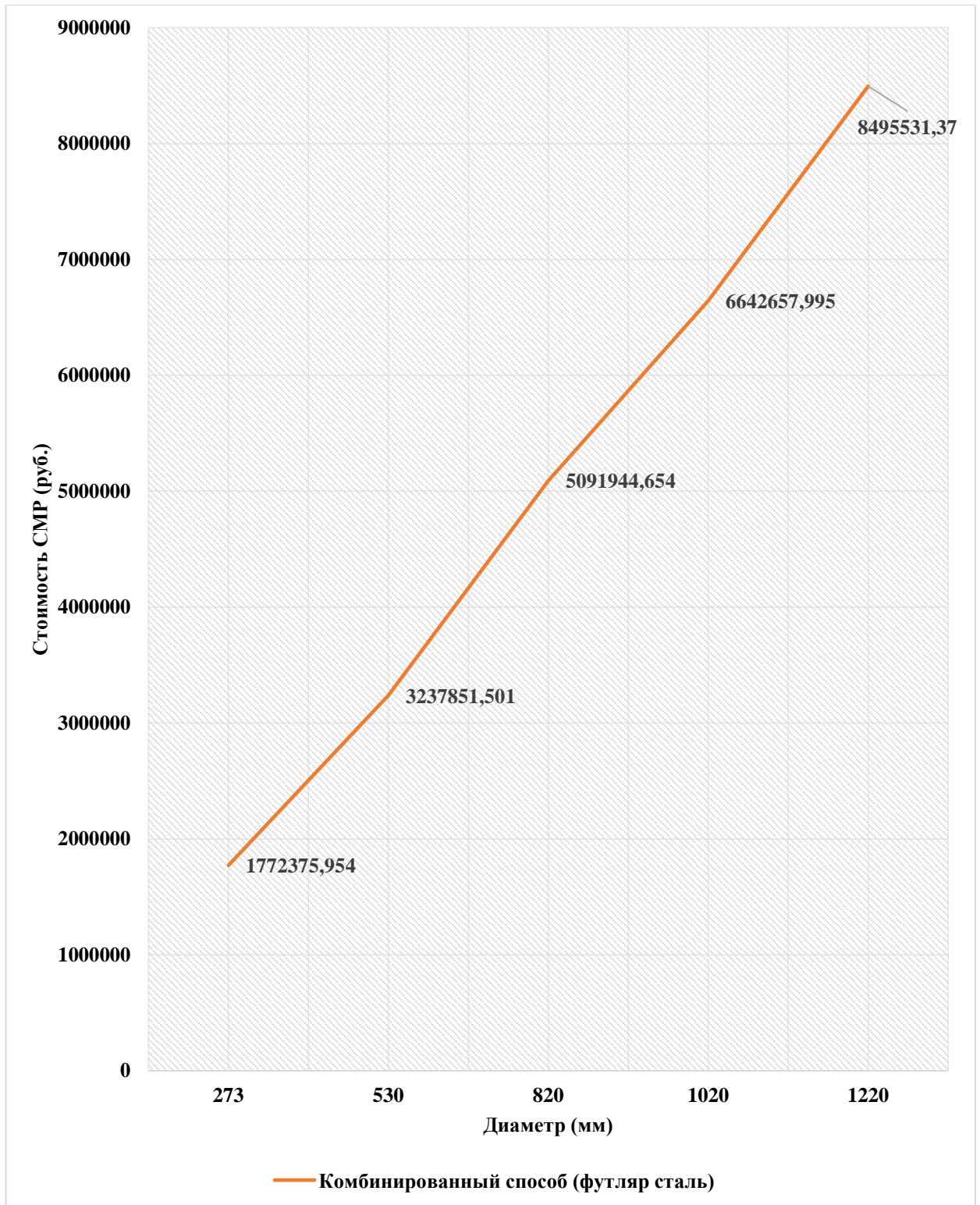
В нашем случае в качестве защитного футляра подберем стальные трубы согласно сортамента, больше основной нитки не менее чем на 200 мм, получим следующие диаметры защитного футляра: 1420 мм; 1220 мм; 1020 мм; 720 мм; 478 мм соответственно.

Результаты подсчета приведены в таблице №3.2.1.

Диаметр (мм)					
Стоймость (руб.)	1220	1020	820	530	273
S_1	3476098,808	2585221,275	2049216,988	1385581,02	800782,528
S_2	342368,8472	278019,6993	210817,4242	134957,445	79935,54855
S_3	587001,703	520187,8157	359807,2186	296261,106	174268,3051
S_4	4090062,014	3259229,206	2472103,023	1421051,94	717389,5719
$S_{K\text{ CMP}(1)}$	8495531,37	6642657,995	5091944,654	3237851,501	1772375,954

Таблица №3.2.1. Расчетно-стоимостные показатели ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации (футляр сталь).

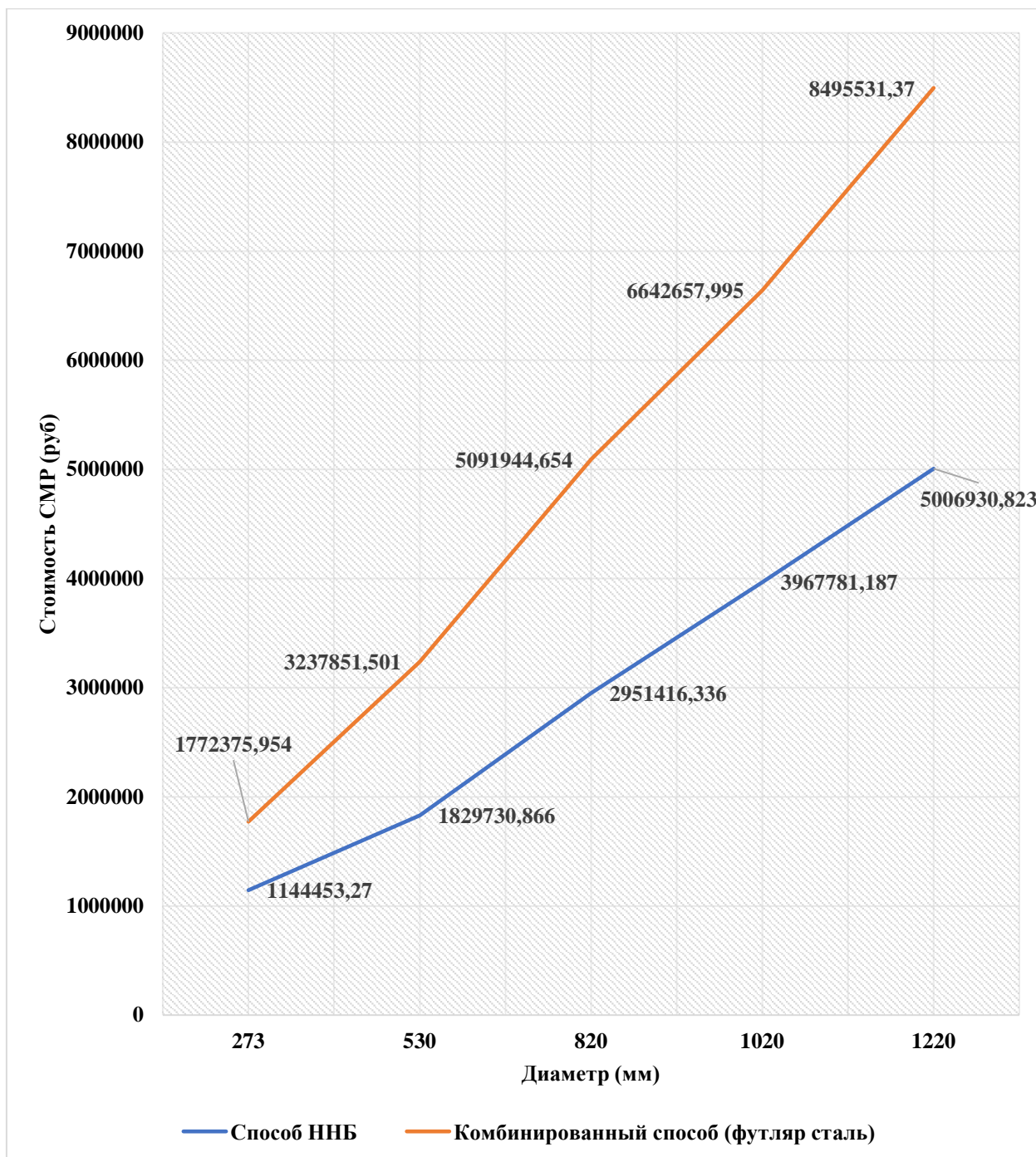
Далее построим график зависимости полной стоимости строительства $S_{к СМР(1)}$ от диаметра трубопровода прокладываемого комбинируемым способом (график № 3.1.2.).



№3.2.2. График стоимости строительства ПП трубопровода проложенного комбинируемым способом при 1-ом периоде эксплуатации (футляр сталь).

3.3. Сравнительный анализ стоимостных показателей способа ННБ и комбинированного способа.

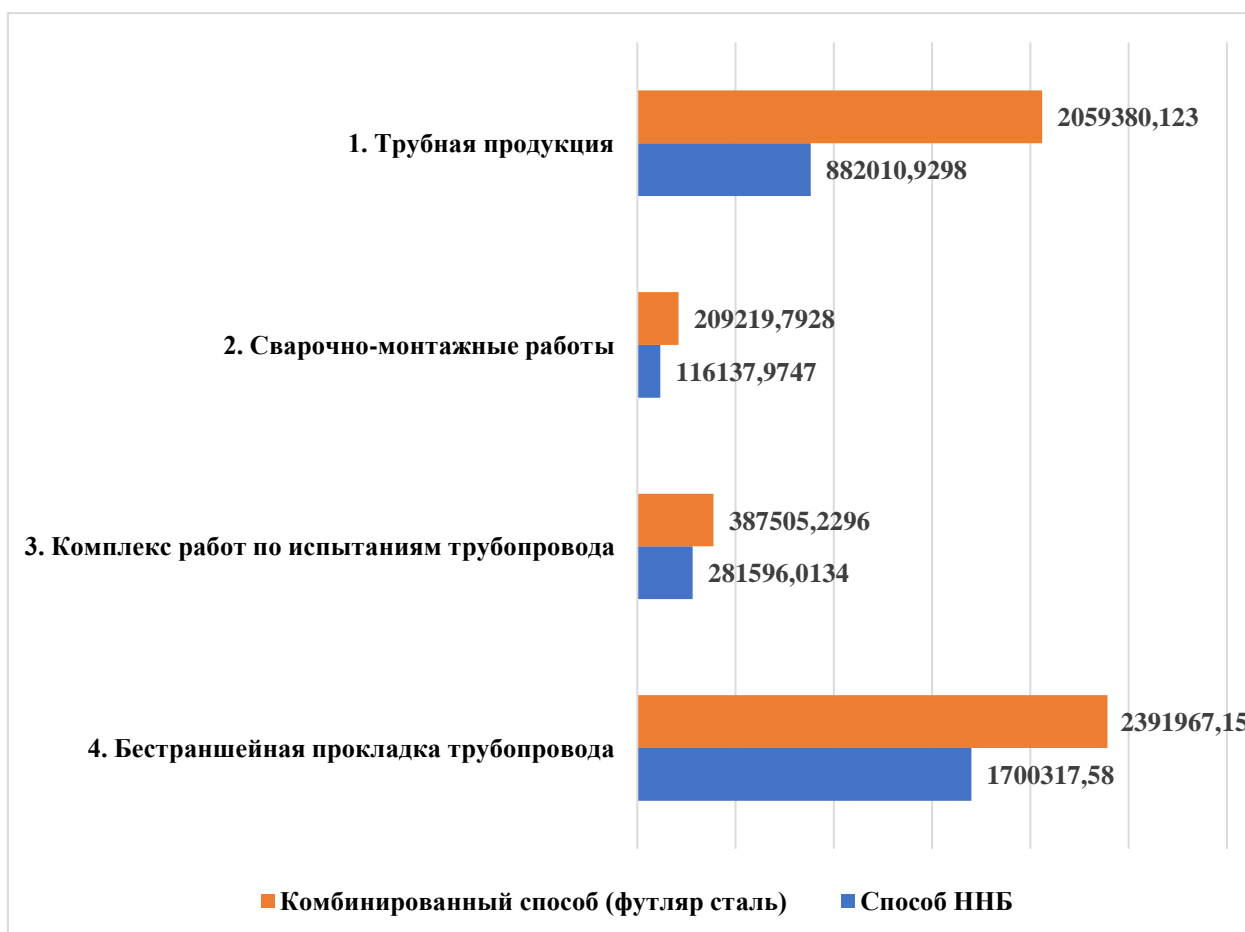
Для более детального сравнения стоимости комбинированного способа и способа ННБ сделаем сравнительный анализ по уже ранее полученным данным. В результате чего получим совмещенный график стоимости $S_{ННБ СМР(1)}$ и $S_{к СМР(1)}$ (график № 3.3.1).



№3.3.1. Совмещенный график строительства ПП трубопровода проложенного комбинирuemым способом и способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации

А для наглядного сравнения стоимости построим усредненную для всех диаметров труб основных ниток сравнительную диаграмму распределения цен, разграниченную по видам работ (диаграмма №3.3.2). Проанализируем ее. По первому пункту мы видим, что затраты на трубную продукцию у нас увеличиваются за счет использования дополнительно секций труб на строительство футляра. Объем сварочно-монтажных работ также увеличивается. За счет дополнительных расходов на испытание футляра увеличивается и эта расценка. Цена бестраншейной прокладки увеличивается за счет увеличения диаметра скважины, так как футляр имеет диаметр на 200 мм больше основной нитки, а как следствие из этого увеличивается расход раствора бентонита.

Из данной диаграммы мы можем сделать вывод, что уменьшение затрат по комбинированному способу прокладки мы можем добиться благодаря уменьшению расценки на трубную продукцию. Для этого изменим материал футляра. Как альтернативу более дешевого и конкурентного по своим характеристикам можно использовать трубы из полиэтилена.



№3.3.2. Сравнительная диаграмма распределения цен при строительстве ПП комбинированным способом и способом ННБ .

Сделаем перерасчет для комбинированного способа, где материал труб футляра заменим на полиэтилен.

3.4. Расчет стоимости строительства ПП комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации на защитный футляр из полиэтиленовых труб.

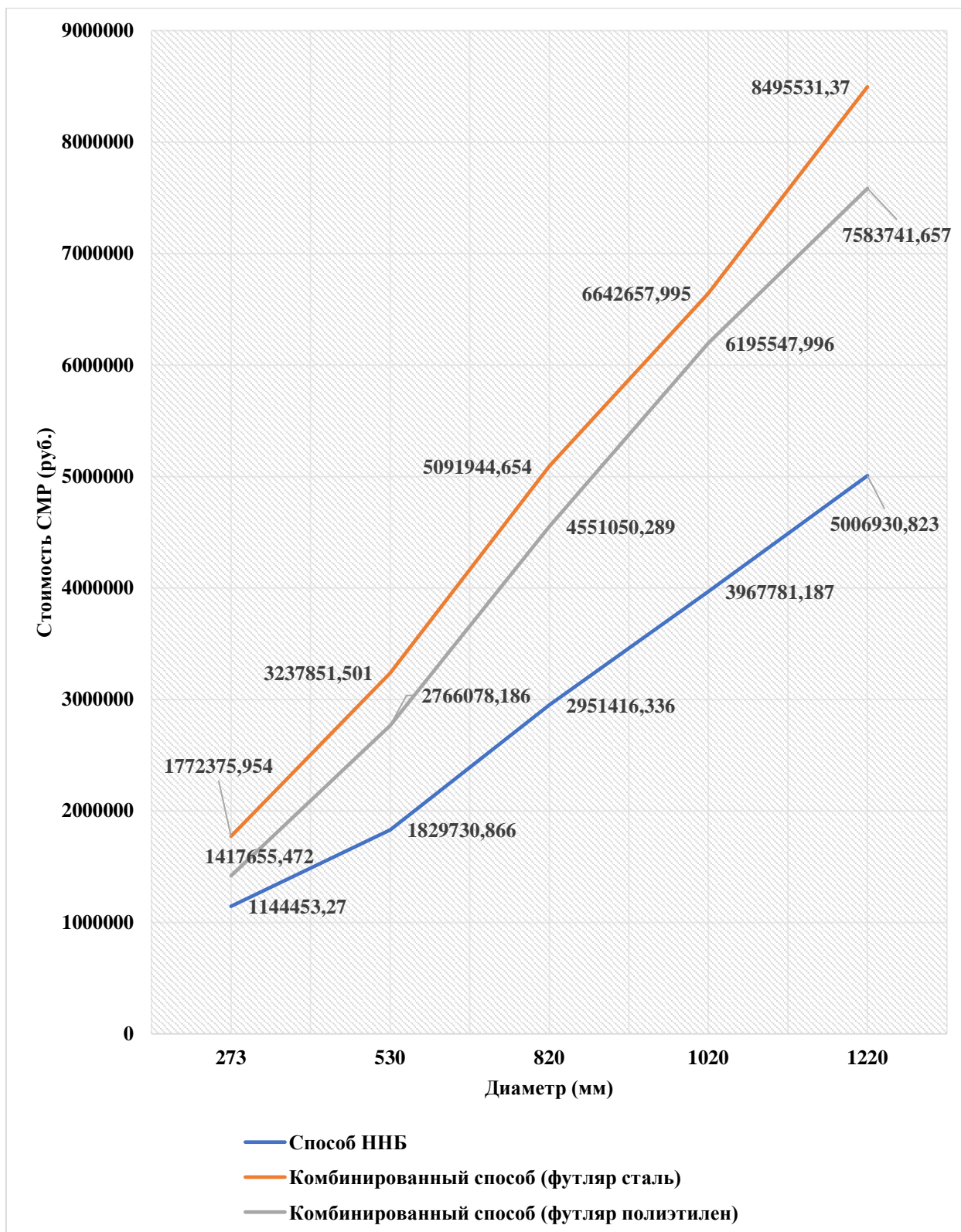
Для расчета строительства ПП комбинированным способом подберем трубы из полиэтилена (рисунок №3.4.1). По своим характеристикам они могут довольно неплохо конкурировать со стальными трубами.

После перерасчета стоимостных показателей по видам работ на полиэтиленовый защитный футляр получим следующие данные см. таблица №3.4.2.

Стоимость (руб.)	Диаметр (мм)				
	1220	1020	820	530	273
S_1	2732091,817	2289981,512	1600345,201	981843,863	470376,088
S_2	313728,8405	245056,7427	196997,4943	123887,68	76967,40604
S_3	447859,0048	401280,5355	281604,5702	239294,708	152922,4064
S_4	4090062,014	3259229,206	2472103,023	1421051,94	717389,5719
$S_{K\text{ CMP}(1)}$	7583741,657	6195547,996	4551050,289	2766078,186	1417655,472

Таблица №3.4.2. Расчетно-стоимостные показатели ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 1-ом периоде эксплуатации (футляр полиэтилен)

Для итогового сравнения стоимостных показателей в зависимости от способа строительства ПП и материала защитного футляра построим совмещенный график №3.4.3.



№3.4.3. Совмещенный график строительства ПП трубопровода проложенного комбинируемым способом и способом ННБ при 1-ом периоде эксплуатации

Из сравнительного графика №3.4.3. мы видим, что за счет изменения материала футляра мы можем значительно уменьшить итоговую стоимость строительства ПП, а как следствие окупаемость будет увеличена.

По итогам всех представленных выше подсчетов мы можем сделать вывод, что строительство подводных переходов комбинированным методом значительно дороже чем прокладка трубопровода ННБ. Но если учесть тот факт что данный способ позволит нам сэкономить на простоте и мобильности производства ремонта то данный способ будет окупаться на протяжении всего срока эксплуатации. Из-за тяжести расчета методик и подбора расценок при ремонте трубопровода способом ННБ я могу лишь условно предположить что СМР по осуществлению ремонтно-восстановительных ПП проложенного способом ННБ будет дороже чем комбинированным способом.

Далее рассчитаем стоимость строительства ПП во 2-ом периоде эксплуатации при условии сохранения защитного футляра для комбинированного способа.

3.5. Расчет стоимости строительства ПП способом ННБ и комбинированным способом при 2-ом периоде эксплуатации.

Так как полная замена трубопровода на участке ПП, способом ННБ будет характеризоваться теми же затратами то стоимостные показатели будут отличаться только за счет демонтажа трубопровода на этом участке. Результат подсчета см. таблица 3.5.1.

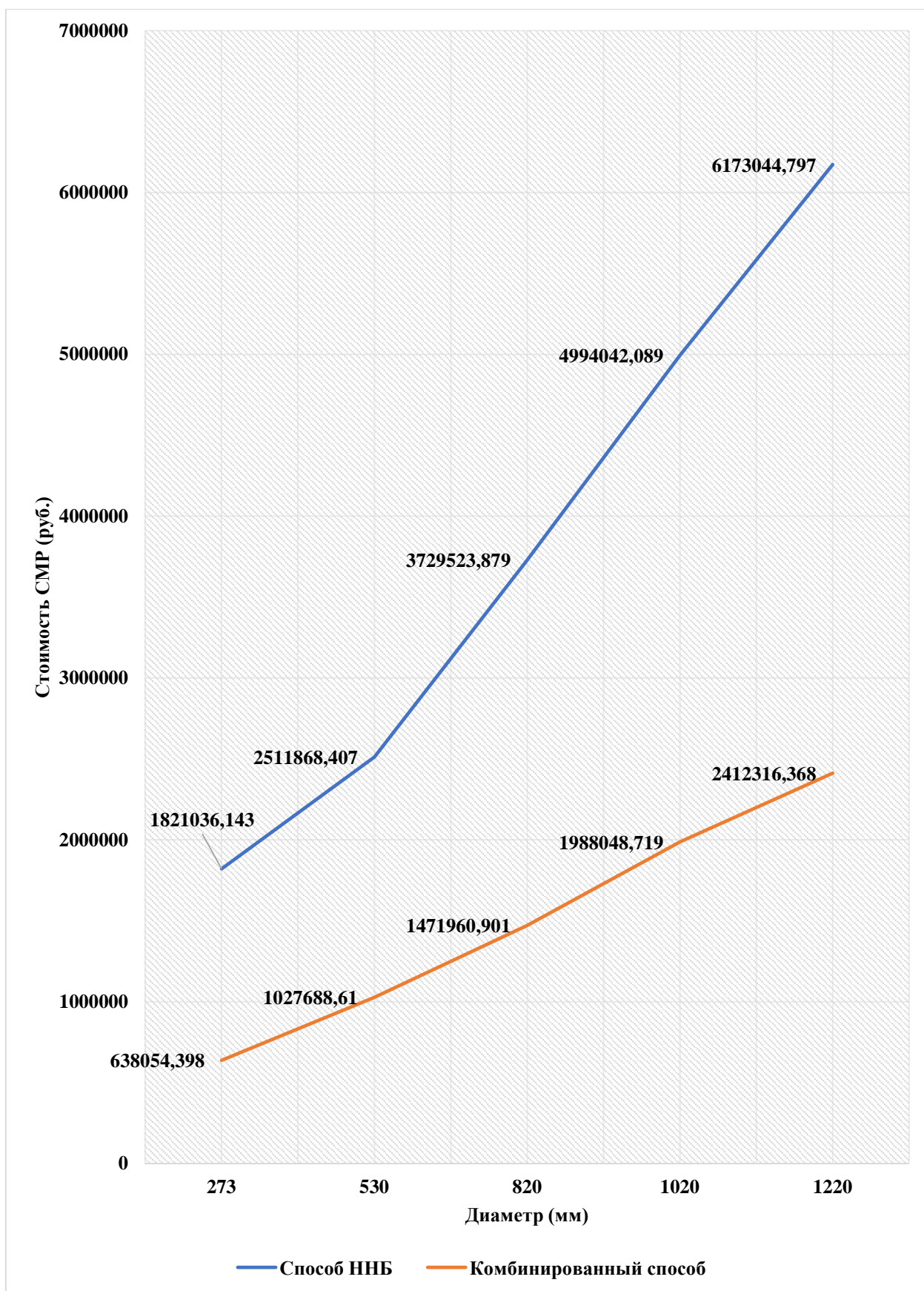
Диаметр (мм) Стоимость (руб.)					
	1220	1020	820	530	273
S ₁	1393736,617	1191484,658	857732,33	612436,916	354664,128
S ₂	193363,5171	193363,5171	117844,8714	71393,42242	49008,20857
S ₃	408963,595	370204,423	262236,1139	226831,0551	139744,8801
S ₄	3010867,092	2257012,262	1713603,021	919069,473	601036,055
S ₅	1166113,975	1026260,902	778107,543	682137,5406	676582,8713
S _{ННБ СМР(1)}	6173044,797	4994042,089	3729523,879	2511868,407	1821036,143

Таблица №3.5.1. Расчетно-стоимостные показатели ПП трубопровода проложенного способом ННБ при 2-ом периоде эксплуатации

В свою очередь на участке ПП проложенного комбинированным способом мы делаем лишь замену дюкера с помощью протаскивания в полость футляра, избегая работ по бестраншейной прокладке. В следствии чего получим мгновенную окупаемость способа при повторном строительстве. Результат подсчета см. таблица 3.5.2.

Диаметр (мм)					
Стоимость (руб.)	1220	1020	820	530	273
S_1	1393736,617	1191484,658	857732,33	612436,916	354664,128
S_2	549939,9022	392263,8096	328819,3884	182689,9773	139487,2036
S_3	408963,595	370204,423	262236,1139	226831,0551	139744,8801
S_5	59676,25345	34095,82814	23173,06864	5730,661255	4158,186308
$S_{K\text{ CMP}(2)}$	2412316,368	1988048,719	1471960,901	1027688,61	638054,398

Таблица №3.5.2. Расчетно-стоимостные показатели ПП трубопровода проложенного комбинированным способом при 2-ом периоде эксплуатации



№3.5.3. Совмещенный график строительства ПП трубопровода проложенного комбинируемым способом и способом ННБ при 2-ом периоде эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мировой опыт показывает, что бестраншейные технологии развиваются стремительно и порой строительная отрасль не поспевает за их своевременным освоением на практике. В связи с этим в настоящий момент любая техническая и рекламная публикация, освещающая новые технологии и подходы в области бестраншейного строительства, должна находить отклик и свою нишу для внедрения на том или ином объекте строительства.

В XXI веке стратегическая ориентация служб, ответственных за строительство, ремонт, реконструкцию и эксплуатацию трубопроводов, должна быть направлена на широкое внедрение бестраншейных технологий как наиболее реальной альтернативы традиционным открытым методам строительства и ремонта подземных объектов. Кроме того, необходимо использовать богатый отечественный и зарубежный опыт по внедрению бестраншейных технологий, более широко привлекать передовые зарубежные фирмы, разрабатывать собственные реальные программы модернизации инженерных сетей.

Демонтаж и последующий ремонт трубопроводов, проложенных методом ННБ является той проблемой, с которой в ближайшие 5-10 лет столкнутся предприятия отраслей, использовавших эту технологию для прокладки трубопроводов для транспорта нефти, газа, воды и канализационных стоков, протягивания кабелей телекоммуникаций и электропитания.

Для усовершенствования прокладки ПП трубопроводов методом ННБ в данной работе рассматривается комбинированный способ прокладки трубопровода, который включает себя прокладку защитного футляра методом ННБ и протаскивание основной нитки в полость футляра, такая конструкция обеспечивает большую сохранность трубопровода, увеличивает его ремонтоспособность, а также помогает избежать демонтажа трубопровода.

Данная работа имеет ряд положительных особенностей, приведенных далее:

1. Выполнен анализ существующих на сегодняшний день методов прокладки ПП трубопроводов. Были выявлены преимущества и недостатки каждого из существующих методов.

2. Предложен новый способ прокладки трубопроводов на участке ПП, выявлены его преимущества и недостатки.

3. Произведено экономическое обоснование предлагаемого способа в сравнении с методом ННБ за 2 периода эксплуатации .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макотрина, Л. В. Современные методы защиты и восстановления водоотводящих сетей : учебн. пособие / Л. В. Макотрина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 176 с.
2. Орыняк, И.В., Богдан А.В., Проблема больших перемещений подземных трубопроводов / И. В. Орыняк, А. В. Богдан // Проблемы прочности №2 // Национальная академия наук Украины. – Киев, 2007. – С. 51-75.
3. Никишин, А.В. Бестранейная прокладка трубопроводов: новые технологии / А. В. Никишин, А. Н. Ченцов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов : сб. ст. / Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов Транснефть. – Москва, 2012. – С. 14-18.
4. Орлов, В. А. Технологии бестраншейной прокладки и ремонта трубопроводов : учебн. пособие / В. А. Орлов – Москва : МГСУ, 2012. – 210 с.
5. Иоаннесян Р.А. Развитие турбинного бурения / Р. А. Иоаннесян, М. Т. Гусман // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море : сб. ст. / Всероссийский научно исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности. – Москва, 2007. – С. 4-8.
6. Рыбаков, А.П. Основы бестраншейных технологий. Теория и практика / А.П. Рыбаков – М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.
7. Sarireh, M. Cyclic productivity for horizontal directional drilling (HDD) operation / M. Sarireh // International journal of construction engineering and management. – 2013. – Vol. 2 (3). – P. 46-52.
8. Willoughby, D. A. Horizontal Directional Drilling / D. A. Willoughby – USA : The McGraw-Hill Companies, 2005. – 263 S.
9. Винда А.А. Бестраншейная прокладка трубопроводов методом наклонно-направленного бурения (ННБ). Построение и контроль траектории скважины / А. А. Винда // Сфера нефтегаз. Трубы. Трубопроводы: строительство / Сфера нефтегаз. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 136-137.
10. Автобур ГНБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gnb32.ru/technology-gnb.html>. – Дата доступа: 13.07.2020.
11. Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения. Стандарт организации : СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011. – Введ. РФ 05.12.2011. – Москва : МАС ГНБ, 2012. – 135 с.

12. Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/142119-mikrotonnelirovanie/>. – Дата доступа: 02.08.2020.
13. Pandia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/118/82892.php> – Дата доступа: 02.08.2020.
14. Березин В.А., Ращепкин К.Е. Капитальный ремонт магистральных трубопроводов / - М.: Недра, 1978. -364 с.
15. АО «Газпром Стройтэк Салават» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazpromss.ru/production/pipeprotection/obstruction/111> – Дата доступа: 6.08.2020;
16. Def studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.defsmeta.com/index.php><http://rosngsk.ru/oporno-napravlyayushchie-koltsa> – Дата доступа: 12.12.2021.

СПИСОК СОБСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Супранёнок Е.И. Разработка способа прокладки подводных переходов трубопроводов / Супранёнок Е.И., Кульбей А.Г. // Международный научный журнал «INTERNATIONAL SCIENCE PROJECT» // Выпуск №35/2020 г. Турку, Финляндия;
2. Супранёнок Е.И. Разработка способа прокладки подводных переходов трубопроводов / Супранёнок Е.И., Кульбей А.Г. // Научный журнал «GLOBUS» ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ // Выпуск №5(36)/2020, г. Санкт-Петербург, Россия.

ПРИЛОЖЕНИЯ