

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501.65 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
«Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения»

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–2Т00	Саваленко Р.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Вазим А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н., доцент		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501.65 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Рудаченко А.В.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект / работа

Студенту:

Группа	ФИО
З–2Т00	Саваленко Роман Анатольевич

Тема работы:

«Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)

- 1) Наклонно-направленное бурение при прокладке трубопроводов как объект исследования;
- 2) Перечень нормативно-технической документации:
 - ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
 - ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
 - ГОСТ 12.3.002–75 «Процессы производственные. Общие требования безопасности».
 - ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности».
 - ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ. «Вибрационная болезнь».

	Общие требования». – ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». – ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». – РД 102–011–89. «Охрана труда. Организационно-методические документы». – РД 153–39.4–074–01 «Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на подводных переходах магистральных нефтетрубопроводов». – СП 108–34–97 «Сооружение подводных переходов». – СП 111–34–96 «Очистка полости и испытание газопроводов». – СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки». – СНиП 12–03–2001. «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования». – СНиП 12–04–2002. «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство». – СНиП 2.05.06-85*. «Магистральные трубопроводы». 3) Методика расчета тягового усилия при протаскивании трубопровода при строительстве подводного перехода методом ННБ [3], [23].
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i>	Общие понятия о подводном переходе и методах его строительства. Анализ организации и процесса строительства подводного перехода методом наклонно-направленного бурения. Анализ процесса протаскивания трубопровода и расчет тягового усилия при протаскивании. Выявление преимуществ строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения в социальном и экономическом аспектах.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<u>Таблицы:</u> – Таблица «Группы сложности подводных переходов»; – Таблица «Категории участков рек»; – Таблица «Основные требования к качеству бурового раствора»; – Таблица «Типы буровых установок»; – Таблица «Техническая характеристика буровых установок»; – Таблица «Технические характеристики буровых насосов»; – Таблица «Основные виды осложнений при бурении и меры по их предупреждению и ликвидации»; – Таблица «Категории трубопроводов»; – Таблица «Категории участков трубопровода».

	<u>Рисунки:</u> – Рисунок «Основные этапы наклонно-направленного бурения»; – Рисунок «Бентонит, используемый для приготовления бурового раствора»; – Рисунок «Буровая установка, используемая при ННБ»; – Рисунок «Схема размещения оборудования на строительной площадке при ННБ»; – Рисунок «Буровой насос»; – Рисунок «Трехшарошечное долото»; – Рисунок «Схема действующего подводного перехода».
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Вазим А.А.
«Социальная ответственность»	Гуляев М.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шадрина Анастасия Викторовна	д.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–2Т00	Саваленко Роман Анатольевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 12 рисунков, 22 таблиц, 34 источника, выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА МЕТОДОМ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ.

Ключевые слова: подводные переходы, метод наклонно-направленного бурения, строительство подводных переходов, пилотная скважина, расширение скважины, калибровка скважины, протаскивание трубопровода, тяговое усилие, расчет тягового усилия при протаскивании трубопровода.

Объект исследования: наклонно-направленное бурение при строительстве подводного перехода.

Результаты исследования: Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения имеет как ряд преимуществ, так и ряд недостатков.

К преимуществам относятся такие, как: возможность прокладки трубопроводов ниже прогнозируемых русловых деформаций, которая надежно защищает трубопровод от любым механических повреждений; способ наклонно-направленного бурения исключает необходимость дноуглубительных, подводно-технических, водолазных и берегоукрепительных работ при строительстве переходов через водные препятствия, составляющих более 50% стоимости перехода; не требуются взрывные работы по рыхлению плотных грунтов для последующего рытья подводной траншеи.

В качестве недостатков строительства подводных переходов данным методом считаются неблагоприятные грунтовые условия: наклонно-направленное бурение представляет значительную сложность в гравийных грунтах (гравия более 30%), в грунтах типа плавунцов, в грунтах с включением валунов и булыжников; отсутствие отечественных глинопорошков для приготовления бурового раствора и, как следствие, использование дорогостоящих импортных бетонитов и полимерных добавок.

При сравнении с траншейным методом и другими бестраншейными, метод ННБ является экономически эффективным методом при строительстве подводных переходов как по затратам, так и по продолжительности строительства.

Также и в социальном аспекте данный метод привлекателен тем, что минимизировано негативное влияние на условия проживания людей в зоне проведения работ, а также отсутствует техногенное воздействие на флору и фауну.

ABSTRACT

Graduate qualification work includes 99 pages, 12 pictures, 22 tables, 34 literary sources. The paper is formed in Microsoft Word.

TECHNOLOGY OF TRUNK LINE UNDERWATER CROSSING CONSTRUCTION USING THE METHOD OF DIRECTIONAL DRILLING.

Keywords: underwater crossing, method of directional drilling, construction of underline crossing, pilot drill hole, pipe straight reaming, reaming, pipe pulling through, traction power, traction power computation while pipe pulling through.

The object of study: The method of directional drilling during the construction of the underwater crossing.

The results of study: The construction of underwater crossing using the method of directional drilling has several advantages and some limitations.

The advantages include such as: the possibility of piping below the projected channel way deformations, which protects the pipe from any mechanical damages; the method of directional drilling obviates the need for dredging, underwater engineering, diving and shore protection works during the construction of crossings over water obstacles, making up more than 50% of the cost of the crossing; blasting operations for loosening compact ground for bottom trench are not required.

The limitations of this method include such as: adverse ground conditions: there are considerable difficulties by the drilling in the gravel grounds (gravel more than 30%), in the running grounds, in the grounds with boulders and cobbles; the lack of homemade mud powders for drilling mud mixing and as a consequence, the using of expensive imported bentonite and polymer additives.

On the basis of compare of trench method and directional drilling method it was made the conclusion that the method of directional drilling is cost-effective method for the construction of underwater crossings as on costs, and on the construction duration.

Also in the social aspect this method is attractive because the negative impact on the living conditions in the working area is minimized, and there is no technological environmental impact.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВС – аварийно-спасательная служба

ГОСТ – государственный стандарт

ГСМ – горюче-смазочные материалы

МТ – микротоннелирование

НИ – научное исследование

ННБ – наклонно-направленное бурение

ПМН – промысловый магистральный нефтепровод

РД – руководящий документ

СНиП – строительные нормы и правила

СП – свод правил

СПО – спуско-подъемные операции

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	14
	Литературный обзор	16
Глава 1	Подводные переходы трубопроводов	18
1.1	Основные положения	18
1.2	Классификация подводных переходов	19
1.3	Выбор участков расположения подводных переходов трубопроводов	22
1.4	Полевые инженерные изыскания на переходах	23
1.5	Проектирование подводных переходов	26
Глава 2	Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения	28
2.1	Возникновение и развитие метода наклонно-направленного бурения при сооружении подводных переходов	28
2.2	Преимущества и ограничения способа наклонно-направленного бурения	29
2.3	Организация строительства подводных переходов	31
2.3.1	Подготовительные работы	31
2.3.2	Основные этапы наклонно-направленного бурения	32
2.3.3	Характеристики бурового раствора, используемого при наклонно-направленном бурении	34
2.3.4	Оборудование, используемое при наклонно-направленном бурении	36
2.3.5	Особенности строительства трубопроводов методом наклонно-направленного бурения	43

					Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Саваленко Р.А.			Содержание			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								11	3
Консульт								ТПУ гр. 3–2Т00			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.									

2.3.6	Осложнения при строительстве подводных переходов	45
2.3.7	Очистка полости и испытание трубопровода	48
2.3.8	Контроль качества и ввод в эксплуатацию	49
2.4	Охрана окружающей среды при строительстве переходов	50
Глава 3	Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	53
3.1	Протаскивание трубопровода	53
3.2	Расчет тяговой нагрузки	55
3.3	Экономический аспект при строительстве подводных переходов методом ННБ	62
Глава 4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	64
4.1	Введение	64
4.2	Расчет продолжительности строительства подводного перехода	64
4.3	Расчет стоимости материалов для строительства подводного перехода	66
4.4	Расчет амортизационного отчисления при строительстве подводного перехода	68
4.5	Расчет заработной платы сотрудников при строительстве подводного перехода	69
4.6	Затраты на проведение организационно-технических мероприятий при строительстве подводного перехода	72
Глава 5	Социальная ответственность	74
5.1	Введение	74
5.2	Производственная безопасность	75
5.3	Экологическая безопасность	83
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
5.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90

					Содержание	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.5.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	90
5.5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	92
	Результаты исследования	93
	Заключение	95
	Список использованных источников	97

ВВЕДЕНИЕ

Подводными переходами называют магистральные трубопроводы, проложенные под дном водоемов (моря, реки, озера).

Прокладка трубопроводов с использованием направленного бурения скважин под водными преградами представляет собой перспективный метод строительства. Данный метод строительства имеет ряд преимуществ перед традиционным способом укладки трубопровода в подводную траншею. В России идея метода наклонного бурения возникла в 30-е годы двадцатого столетия. Она была реализована при прокладке коммуникаций под автодорогами.

При строительстве подводных переходов методом ННБ происходит сохранение природного ландшафта и экологического баланса в местах проведения работ, в то же время исключается техногенного воздействия на флору и фауну, на размывание берегов и донных отложений водоемов.

При данном методе строительства отсутствует ущерб сельхозугодьям и лесным насаждениям.

Кроме того, данный метод привлекателен в социальном плане тем, что негативные влияния на условия проживания людей в зоне проведения работ сведены к минимуму.

Целью данного исследования являлось подробное ознакомление с технологическим процессом строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- более детально ознакомиться с понятием "подводный переход", а также рассмотреть существующие виды подводных переходов;
- изучить, каким образом выбирается участок для строительства подводного перехода;
- подробно изучить метод наклонно-направленного бурения при строительстве подводных переходов, его преимущества и недостатки;
- рассмотреть процессы организации и строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения;
- проанализировать процесс протаскивания трубопровода, а также расчет

					<i>Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Саваленко Р.А.			Введение	Лит.	Лист
Руковод.		Шадрина А.В.					14
Консульт							2
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.				ТПУ гр. 3–2Т00	

необходимой тяговой нагрузки;

- выявить преимущества строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения в социальном и экономическом аспектах.

Структура данной работы включает в себя 5 основных глав, введение, заключение и список использованных источников.

Во введении формулируются основные цели и задачи, поставленные в ходе данного исследования.

Первая глава полностью посвящена рассмотрению понятия «подводный переход», здесь мы знакомимся с компонентами подводных переходов, видами переходов. В данной главе рассматривается, каким образом проектируется подводный переход и как выбирается нужный участок для его строительства.

Во второй главе подробно описывается процесс строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения. Здесь также уделяется внимание истории появления данного метода, основным его преимуществами и недостатками. Также в данной главе подробно рассматриваются процессы организации и строительства подводных переходов, а именно необходимые для этого условия и оборудование. Во второй главе рассматриваются также основные требования при строительстве переходов относительно окружающей среды.

Третья глава посвящена анализу процесса протаскивания трубопровода при строительстве подводных переходов методом наклонно-направленного бурения. Большое внимание в данной главе уделяется анализу типового расчета тяговой нагрузки, необходимой при протаскивании трубопровода. Также в данной главе рассматриваются преимущества строительства переходов методом наклонно-направленного бурения в экономическом аспекте.

В главе 4 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» сравниваются бестраншейный и траншейный методы строительства подводного перехода с точки зрения финансовых затрат.

Глава 5 «Социальная ответственность» посвящена выявлению опасных и вредных факторов при строительстве подводных переходов методом наклонно-направленного бурения. Также в данной главе рассматривается аспект экологической безопасности, а именно какое воздействие оказывает строительство подводного перехода на атмосферу, гидросферу, литосферу.

В заключении излагаются основные выводы данного исследования.

					Введение	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В настоящее время существует несколько методов строительства подводного перехода, каждый из которых имеет ряд преимуществ и недостатков.

За последние десятилетия особой популярностью при сооружении подводного перехода пользуется метод наклонно-направленного бурения. Технологии данного метода экономически выгодны, требуют минимума ручного труда, имеют низкую себестоимость, а также не наносят большой вред окружающей среде.

Исследованию метода наклонно-направленного бурения, а также возможности его применения при строительстве подводных переходов, уделяется большое внимание среди ученых. Кроме того основные требования и нормы к строительству подводного перехода данным методом находят отражение в нормативно-технической документации.

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, а также нормативно-техническая документация (государственные стандарты, строительные нормы и правила, своды правил).

В качестве основных работ при рассмотрении понятия о подводном переходе, а также классификации подводных переходов и особенностей их проектирования послужили следующие источники: *Иванов В.А. «Сооружение подводных переходов магистральных трубопроводов»* [16], *Бородавкин П.П. «Подземные магистральные трубопроводы»* [2], *Сальников А.В. «Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна»* [23], а также *Общие Технические Требования к проектированию ОТТ-16.01-60.30.00-КТН-002-1-05 «Переходы магистральных нефтепроводов через водные преграды»* [19].

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы метода наклонно-направленного бурения, явились работы следующих авторов: *Благов О.Н. «Сооружение подводных переходов газонефтепроводов методом наклонно-направленного бурения»* [1], *Забела К.А. «Безопасность пересечений трубопроводами водных преград»* [13], *Забродин Ю.Н. «Строительство магистральных трубопроводов: технологии, организация, управление»* [14], *Иванов В.А. «Сооружение подводных переходов магистральных трубопроводов»* [16], *Мустафин Ф.М. «Технология сооружения газонефтепроводов»* [18], *Мустафин Ф.М. «Промысловые трубопроводы и*

					Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Саваленко Р.А.			Литературный обзор	Лит.	Лист
Руковод.		Шадрина А.В.					Листов
Консульт							16
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.					2
					ТПУ гр. 3–2Т00		

оборудование» [20], Шаммазов А.М. «Подводные переходы магистральных нефтепроводов» [34]. В данных работах подробно описываются история и технология по проведению работ при использовании метода наклонно-направленного бурения, а именно, этапы строительства подводного перехода, применяемое оборудование и материалы.

Истории развития метода наклонно-направленного бурения уделяют наибольшее внимание Благоев О.Н. [1] и Забродин Ю.Н. [14]. На основе данных их исследований был рассмотрен вопрос о возникновении данного метода, а также этапы его развития как в зарубежных, так и в отечественных технологиях бурения скважин.

В данной работе важную роль играет также и расчетная часть. В качестве практической части приведен расчет тягового усилия при протаскивании трубопровода при сооружении подводного перехода методом наклонно-направленного бурения. Данный расчет рассмотрен на основе работы Быкова Л.И. «Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов» [3]. Данный расчет был представлен на примере подводного перехода через реку Печора. В качестве основного источника для проведения расчета была принята работа Сальникова А.В. «Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна» [23].

Одним из разделов данной работы является также и влияние метода наклонно-направленного бурения на окружающую среду. В основу написания данного раздела легли труды Забродина Ю.Н. «Строительство магистральных трубопроводов: технологии, организация, управление» [14], а также строительные нормы и правила, а именно: СП 108–34–97 «Сооружение подводных переходов» [25], СНиП 12–03–2001. «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования» [28], СНиП 12–04–2002. «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство» [29], СНиП 2.05.06–85* «Магистральные трубопроводы» [30].

ГЛАВА 1 ПОДВОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ ТРУБОПРОВОДОВ

1.1 Основные положения

Магистральные трубопроводы, проложенные под дном водоемов (моря, реки, озера), называются подводными переходами.

В соответствии с нормативно-технической документацией к подводным переходам относится линейная часть нефтепровода, пересекающая водные преграды шире 10 м по зеркалу воды в межень и глубиной более 1,5 м.

Границы подводного перехода в соответствии со СНиП II–45–75 определяются уровнем воды в водоеме 10%-ной обеспеченности, т.е. уровнем воды в водоеме, до которого вода может подниматься в течение ста лет до 10 раз. В незарегулированных реках этот горизонт бывает лишь при очень значительных паводках; в зарегулированных водоемах границы перехода определяются верхним уровнем воды, допускаемым по условиям работы зарегулированного водоема [23].

В состав подводного перехода входят:

- участок магистрального нефтепровода в границах ПМН;
- узлы береговых задвижек и камер пуска-приема средств очистки и диагностики;
- берего- и дноукрепительные сооружения, предназначенные для предотвращения размыва береговой и русловой части перехода;
- информационные знаки ограждения охранной зоны перехода на судоходных и сплавных водных путях, указательные знаки оси трубопроводов на береговых участках, стационарные реперы и знаки закрепления геодезической сети;
- пункт наблюдения – блокпост обходчика (на судоходных реках);
- вдольтрассовая линия электропередачи на границах ПМН;
- средства электрохимзащиты на границах ПМН;
- трансформаторная подстанция для обеспечения электроэнергией электроприводных задвижек и средств электрохимзащиты, линейной телемеханики, освещения и др.;
- средства и оборудование телемеханики;
- стационарные маркерные пункты для выполнения работ по внутритрубной диагностике;

					<i>Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения</i>								
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Подводные переходы трубопроводов</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>Саваленко Р.А.</i>										18	10
<i>Руковод.</i>		<i>Шадрина А.В.</i>							<i>ТПУ гр. 3–2Т00</i>				
<i>Консульт</i>													
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Рудаченко А.В.</i>											

- датчики давления, манометрические узлы, сигнализаторы прохождения очистных устройств, системы обнаружения утечек, вантузы, системы контроля межтрубного пространства перехода, выполненного методом микротоннелирования или «труба в трубе»;
- стационарные боновые ограждения [16].

Подводные переходы трубопроводов следует строить и эксплуатировать на основании требований действующей нормативно-технической документации.

Проектирование подводных переходов магистральных трубопроводов должно выполняться в полном соответствии с действующими нормами, отраслевыми руководящими документами.

Подводные переходы трубопроводов проектируются на основании данных геодезических, гидрологических, инженерно-геологических и топографических изысканий. При этом учитываются условия эксплуатации в районе строительства [31].

В природе не существует водных преград с одинаковыми рельефами в геологическом строении дна, скоростями течения, ледовым режимом и другими факторами. Следовательно, поддержание безопасности подводных переходов на каждом объекте будет различным и требует осуществления индивидуальных программ, разработки рекомендаций и мероприятий по ремонту, модернизации и предупреждению аварий.

Наиболее сложными являются подводные переходы, размещаемые на дне или ниже дна водных преград [13].

1.2 Классификация подводных переходов

В зависимости от ширины водного объекта подводные переходы классифицируются по группам сложности. Группы сложности подводных переходов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Группы сложности подводных переходов

Группа сложности	Характеристика условий пересечения водного объекта
Малые переходы	Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой до 30 м при средних глубинах 1,5 м
Средние переходы	Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой от 31 до 75 м при средних глубинах 1,5 м

					Подводные переходы трубопроводов	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Большие переходы	Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой более 75 м. Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой менее 75 м, но зона затопления которых составляет более 500 м (10% вероятности превышения уровня воды при 20-дневном стоянии)

Участки рек в зоне перехода по плановым и глубинным переформированиям русла подразделяются на категории (таблица 2).

Таблица 2

Категория участков рек

Категория	Глубинные и плановые переформирования	Характеристика	Примечания
I	Глубинные переформирования не превышают 1 м/год, а плановые – незначительны	Реки шириной до 50 м ленточно-грядового, осердкового и побочного типов, а также реки шириной более 50 м с устойчивыми дном и берегами (скальные грунты с толщиной аллювиального слоя менее 1 м)	Опасность оголения труб полностью исключается, если глубина их заложения более 1 м, а врезка в берег более 5 м
II	Глубинные переформирования достигают 2 м, а плановые – 10 м	Реки шириной более 50 м ленточно-грядового и побочного типов	Трубопроводы не оголяются и не подвергаются силовому воздействию потока, если заглублены более 2 м, а врезка в берега более 15 м

III	Наибольшие глубинные переформирования достигают 2 м, а плановые – от 11 до 100 м	Участки переходов через реки с ограниченным, незавершенным и свободным типом меандрирования, а также участки пойменной многорукавности	
IV	Переформирования русла в течение нескольких дней или недель могут достигнуть по глубине более 2 м, а в плане – нескольких десятков метров	Участки горных рек с особыми формами руслового процесса, реки с явно выраженной неустойчивостью	Строительство подводных переходов через такие участки рек нецелесообразно

Условия работы и эксплуатации надежности переходов в большей степени зависит от того, насколько полно были учтены при проектировании и строительстве условия переформирования русла реки.

Учеными П.П. Бородавкиным и О.Б. Шадриним предложена классификация, которая основана на длительном изучении условий работы подводных трубопроводов в различных гидролого-морфологических условиях. Классификация учитывает тип руслового процесса, ширину реки, вид грунта, составляющего русло, скорость течения и другие показатели.

Участки 1-го типа представляют собой участки, на которых глубинные переформирования несут существенны. При полном проявлении деформаций русла трубопроводы в большинстве случаев на таких участках не размываются. К данной категории участков подводных переходов относятся малые реки (шириной до 50 м) ленточно-грядового, осередкового и побочного типов, а также средние и крупные реки с устойчивыми берегами и руслами (в скальных грунтах при толщине аллювиального слоя менее 1 м). Опасность размыва трубопровода на данных участках обычно исключается, если глубина залегания превышает 1 м, а врезка в берег 3 – 5 м.

Участки 2-го типа – наиболее глубинные деформации – до 2 м, плановые – до 10 м. К данной категории участков относятся участки переходов через средние и крупные реки ленточного-грядового и побочного типов.

Участки 3-го типа – максимальные глубинные переформирования русла до 2 м и плановое переформирование до 100 м. К данной категории относятся участки подводных переходов через малые, средние и крупные реки с русловым процессом ограниченного, незавершенного и свободного типа меандрирования и пойменной многорукавности в зависимости от плановых переформирований.

Возможные размывы участка перехода представляют большую опасность ввиду значительной трудности точного определения максимальных плановых переформирований. На данной категории участков имеется опасность повреждения трубопровода от гидродинамического воздействия потока, ледохода, а также якорями и волокушами судов и плотов (как правило, суда проходят по максимальным глубинам, расположенным у размывающего вогнутого берега и на поворотах реки).

Участки 4-го типа представляют собой участки рек с особыми формами руслового процесса. К данному типу относятся горные реки, селевые потоки, реки с ярко выраженными неустойчивым руслом (максимальные плановые и глубинные более 2 м переформирования могут происходить в течение нескольких дней, недель или месяцев).

В каждом конкретном случае должны приниматься соответствующие решения по глубине заложения и врезке трубопровода в берег, учитывающие специфические условия водной преграды, а также целесообразность сооружения надводных переходов.

Важно отметить, что на участках 1-го типа эксплуатация подводных переходов, как правило, ведется без каких-либо осложнений; на участках 2-го и особенно 3-го типов размывы труб (при неправильном определении глубины заложения) очень часты. Эти размывы во многих случаях сопровождаются разрушениями труб. На участках 4-го типа строительство подводных переходов не рекомендуется [23].

1.3 Выбор участков расположения подводных переходов трубопроводов

Выбор участков расположения подводных переходов нефтепроводов, являющийся первым этапом инженерных изысканий, проводимых в местах предполагаемого пересечения водных преград трассами нефтепроводов, включает в себя комплекс обязательных работ, выполняемых в два этапа – в предполевой и полевой периоды.

Предполевые работы, включаемые в объем инженерных изысканий, выполняются специализированной проектно-изыскательской организацией в соответствии с общими требованиями технического задания, утвержденными Заказчиком (или Генпроектировщиком).

					<i>Подводные переходы трубопроводов</i>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На данном этапе Генпроектировщиком, вместе с субподрядной проектно-изыскательской организацией, определяются предварительные варианты участков пересечения рек подводными переходами, исходя из намечаемых вариантов общих направлений трассы нефтепровода (первый этап).

На основании анализа имеющихся материалов по заданному району расположения участков переходов проектная организация составляет предварительную оценку этого района с целью представления на втором этапе работ своих предложений по одному или нескольким вариантам переходов комиссии, участвующей в рекогносцировочном осмотре территории и окончательном выборе участка перехода в полевых условиях.

Для сооружения подводных переходов трубопроводов способом наклонно-направленного бурения наиболее благоприятными являются реки (при доступной ширине и геологии русла и берегов), имеющие ленточно-грядовый, побочневый и ограниченно-меандрирующий типы руслового процесса, а также русловую многорукавность, где русловые процессы в рукавах развиваются по тому же типу.

На реках, имеющих типы руслового процесса в виде свободного меандрирования, незавершенного меандрирования и пойменной многорукавности, характеризующихся большими и труднопрогнозируемыми плановыми деформациями, широкой и низкой поймой, разновысотностью береговых склонов и представляющих огромные сложности для выбранного способа строительства переходов, выбор участков переходов допускается только в случаях с незначительными параметрами русел этих рек (ширины, высоты, состояния берегов, скорости их размыва и др.) с последующим прогнозированием условий их дальнейшего развития и разработкой дополнительных мер по их стабилизации и предупреждению опасных русловых процессов [23].

1.4 Полевые инженерные изыскания на переходах

Полевые инженерные изыскания на выбранном участке перехода, выполняемые изыскательской партией по техзаданию Генпроектировщика должны включать:

- геодезические изыскания;
- гидрографические и гидрологические изыскания;
- геологические изыскания;
- гидрогеологические изыскания;
- гидрометеорологические изыскания;
- экологические изыскания;
- оценку магнитного фонового состояния.

					<i>Подводные переходы трубопроводов</i>	<i>Лист</i>
						23
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Перед началом топографо-геодезических работ:

- проводится предварительное определение границ обследуемого участка водной преграды;
- определяется схема размещения сети планово-высотной привязки участка работ к намечаемому створу перехода;
- выявляются (или уточняются) характерные особенности местности и водной преграды в зоне перехода (тип руслового процесса, острова, оползневые участки, места образования берегоразрушительных заторов льда и др.).

Топографо-геодезические работы, выполняемые в масштабе 1:500 – 1:2000, включают в себя следующие основные виды работ:

- создание опорной основы и разбивочных геодезических сетей для строительства перехода;
- съемку местности в границах намечаемого перехода (очертания береговых линий, склонов примыкающих к урезу территорий) на обоих берегах;
- привязку уровня воды водоема и намечаемых объектов строительства к опорной сети (оси перехода, строительной площадки, подъездных дорог, буровых геологических скважин и других сооружений);
- привязку к существующим сооружениям и коммуникациям в зоне перехода;
- установку основных реперов, гидропоста и временных знаков планово-высотной привязки сооружений на обоих берегах.

По результатам съемки составляется топографический план местности по обоим берегам на площади и в масштабе, установленных техническим заданием.

Гидрографические изыскания выполняют для построения плана береговой и подводной части участка перехода, профилей по намечаемым различным створам переходов, с привязкой их к созданной на берегах постоянной геодезической сети, временному гидропосту и общей топографической основе участка.

Гидрометрические изыскания предусматривают проведение комплекса работ на переходе по нескольким створам, включающего:

- информационный поиск материалов по гидрологии реки (водоема) в районе перехода в ближайших стационарных гидропостах;
- наблюдения за уровнем воды в зоне перехода с использованием временного гидропоста;
- измерение скоростей течения, стока расхода, температуры, глубины воды и волнения;
- измерение расхода наносов;

					<i>Подводные переходы трубопроводов</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- определение толщины льда и оценку ледовых явлений;
- камеральную обработку материалов полевых изысканий.

При проведении гидрогеологических изысканий, применительно к данному способу строительства переходов, определяются: наличие водоносных горизонтов, их мощность и глубина залегания; границы распространения, степень водонасыщенности и фильтрационные свойства грунтов; интенсивность поступления воды из водоносных горизонтов в реку; химический состав воды. Особое внимание этому уделяется в местах предполагаемого строительства переходов, где осуществляется использование подземных вод для целей водоснабжения.

При проведении полевых изысканий на подводных переходах, в дополнение к предполевым работам, проводится гидролого-морфологическая оценка руслового участка, уточняющая тип и характер русловых процессов, виды и размеры деформаций дна и берегов русла и поймы, обусловленные действием потока, с целью определения в последующем (путем расчетов) предельного профиля размыва русла, исходя из максимального срока эксплуатации перехода.

В результате геологических изысканий получают данные, необходимые для принятия решения об использовании выбранного способа строительства, разработки технологии строительства перехода, включающие физико-механические характеристики грунтов на береговых и русловых участках – гранулометрический состав, прочность, слоистость, пластичность, текучесть, трещиноватость, пористость, водонасыщенность и другие свойства грунтов, а также указывающие наличие и распространение специфических грунтов и их состояние: карстовых, просадочных, засоленных, с границами их расположения и мощностью залегания слоев. Другие дополнительные данные по характеристике грунтов (категория по прочности, степень проницаемости в них бурового раствора и другие показатели), необходимые для наклонно-направленного бурения, собираются специалистами-геологами путем проведения лабораторных исследований проб грунта, полученных в полевых условиях.

При выполнении экологических изысканий необходимо следовать требованиям нормативных и инструктивных документов Государственного комитета РФ по окружающей среде, государственных стандартов, ведомственных природоохранных и санитарных норм, а также правилам региональных органов исполнительной власти.

В задачи экологических изысканий входит:

- определение задач локального экологического мониторинга на время строительства перехода;
- определение источников возможного техногенного воздействия на окружающую

					<i>Подводные переходы трубопроводов</i>	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

среду в процессе строительства и последующей эксплуатации подводного перехода;

- прогноз характера отрицательного воздействия на окружающую территорию и водную среду при возникновении различных нештатных ситуаций в процессе строительства и эксплуатации перехода [23].

1.5 Проектирование подводных переходов

Одним из главных требований, которые необходимо соблюдать при строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов, является заглубление трубопроводов ниже прогнозируемого профиля размыва русла реки, определяемого на основании материалов инженерных изысканий с учетом возможных деформаций русла в течение 25 лет эксплуатации перехода для траншейного способа строительства и 50 лет – для бестраншейного способа строительства, при использовании способа наклонно-направленного бурения.

При выборе участков перехода важно руководствоваться следующими общими требованиями:

- располагать переход на прямолинейных или слабоизогнутых участках рек;
- пересекать водную преграду под углом, близким к прямому, по отношению к выбранному участку реки;
- стремиться к минимальной ширине поймы;
- пересекать широкие поймы на участке с минимальным числом стариц, озер, болотистых участков, не допуская крутых поворотов трассы;
- избегать пересечений трассы с участками многорукавных русел и излучин, имеющих спрямляющие протоки;
- располагать их в нижних бьефах гидроузлов за пределами зоны активного однонаправленного размыва русла и удаления от подходных каналов к шлюзам;
- располагать ниже по течению от мостов, промышленных предприятий, пристаней, речных вокзалов, гидротехнических сооружений, водозаборов и других аналогичных объектов;
- избегать зон нерестилищ и участков массового скопления рыб [16].

При проектировании подводных переходов Проектом также предусматриваются решения по укреплению берегов в местах прокладки подводного перехода и по предотвращению стоков воды вдоль трубопровода (устройство нагорных канав, глиняных

					Подводные переходы трубопроводов	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

перемычек, струенаправляющих дамб и др.).

Крепление откосов берегов на участках перехода предусматривается до отметки, возвышающейся не менее чем на 0,5 м над расчетным горизонтом высоких вод повторяемостью 1 раз в 50 лет.

На затопляемых берегах помимо откосной части должен укрепляться пойменный участок, прилегающий к откосу. Протяженность данного участка определяется в зависимости от гидрологических условий, но не должна составлять менее 5 м.

Также при проектировании подводных переходов, прокладываемых на глубине свыше 20 м из труб диаметром 1000 мм и более, необходимо производить проверку устойчивости поперечного сечения трубы на воздействие гидростатического давления воды с учетом изгиба трубопровода.

Подводные переходы через реки и каналы шириной 50 м и менее разрешено проектировать с учетом продольной жесткости труб, обеспечения закрепления перехода против всплытия на береговых неразмываемых участках установкой грузов и анкерных устройств.

Следует отметить, что участки и створы подводных переходов располагают за пределами первых поясов зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения [18].

					<i>Подводные переходы трубопроводов</i>	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ГЛАВА 2 СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДОМ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

2.1 Возникновение и развитие метода наклонно-направленного бурения при сооружении подводных переходов

Существуют различные названия для метода наклонного бурения: наклонно-направленное бурение, горизонтальное бурение, горизонтально-направленное бурение, направленно-управляемое горизонтальное бурение, бестраншейная прокладка, метод «крота» и др.

Данный метод был разработан и впервые внедрен в США. В 1971 г. в Калифорнии корпорацией Черрингтон методом наклонно-направленного бурения (ННБ) был проложен трубопровод диаметром 115,6 мм и длиной 231,6 м. в 1975 г. Корпорация запатентовала этот метод, после чего началось широкое внедрение его в практику.

С 1979 г. начинается новый период развития технологии наклонного бурения. Он связан главным образом с тем, что специалистами фирмы Readibg&Bates удается разработать технологию проходки горизонтальных участков траектории, а также более эффективную схему прокладки в скважину рабочего трубопровода. Максимальная протяженность переходов, сооружаемых компанией, за короткий срок составляла до полутора километров. В 1980 г компания поставила новый рекорд, но уже не по протяженности перехода, а по диаметру трубопровода. Участок диаметром 1067 мм и длиной около 100 м был проложен под р. Миссисипи. С этого времени компания сооружает контракты на сооружение все более протяженных переходов.

В строительство переходов под реками методом ННБ включались и другие компании. В 1986 г. компании Dansk Jord & Rorenterprise A /S и Horizontal Drilling Int. построили этим методом 2 перехода длиной 1025 и 1300 м. К 1992 г. было построено уже 2400 переходов, максимальная длина перехода достигла 1800 м, а суммарная длина построенных переходов превысила 800 км. На счету США оказалось 75% переходов, построенных по новой технологии [1].

Непрерывно менялись и совершенствовались методы прокладки: до 1978 г. труба переправлялась на противоположный берег методом проталкивания, с 1978 г. – путем протягивания. В 1980 г. в одну скважину впервые поместили пучок из трех труб. С каждым годом все более совершенствовались технология строительства и технические

					Технология сооружения подводного перехода методом наклонно–направленного бурения							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Строительство подводных переходов методом наклонно– направленного бурения			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Саваленко Р.А.									28	25
Руковод.		Шадрина А.В.						ТПУ гр. 3–2Т00				
Консульт												
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.										

средства, с помощью которых реализуется эта технология. Расширяется также и круг стран и фирм, успешно ее реализующих. При этом трубопроводы прокладывались через крупнейшие реки мира [14].

За время эксплуатации подводных переходов, выполненных методом ННБ, аварии, сопровождаемые утечкой нефти и газа, не зафиксированы.

В России идея метода наклонного бурения возникла в 30-е годы. Она была реализована при прокладке коммуникаций под дорожными полотнами. В 70 – 80 годы была реализована программа по созданию опытной специальной буровой установки. Наибольшее развитие метод получил в газовой промышленности.

Для информации необходимо отметить, что работы по наклонно-направленному бурению в России выполняют ряд отечественных и совместных фирм.

Одной из крупных фирм является ИПСК ООО «НГС – Темпобур».

С целью внедрения в России широко применяемых в мировой практике прогрессивных технологий в области ННБ, в 1994 г. создается первое российско–германское предприятие СП ООО «Вис & Мос». Впервые в мировой практике ННБ в 1996 г. с использованием бурового комплекса с тяговым усилием 300 т. было начато и успешно закончено строительство нитки газопровода «Починки–Изобильное» через Волго–Донской судоходный канал, диаметром 1420 мм и длиной 800 м.

Всего с начала полноценной производственной деятельности предприятия методом ННБ завершено строительство более 400 переходов через естественные и искусственные препятствия диаметрами от 110 мм до 1420 мм и общей протяженностью более 68 тыс.км [1].

2.2 Преимущества и ограничения способа наклонно-направленного бурения

Прокладка трубопроводов с использованием направленного бурения скважин под водными преградами представляет собой перспективный метод строительства. Данный метод строительства имеет ряд преимуществ перед традиционным способом укладки трубопровода в подводную траншею:

- возможность прокладки трубопроводов ниже прогнозируемых русловых деформаций, что позволяет надежно защитить трубопровод от любых механических повреждений;
- при сооружении и эксплуатации трубопровода обеспечивается сохранность естественного режима водной преграды, что соответствует повышенным

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения</i>	<i>Лист</i> 29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

требованиям охраны окружающей среды и имеет особое значение при пересечении трубопроводами рек с развитым рыболовством;

- благодаря методу ННБ отсутствует необходимость дноуглубительных, подводно-технических, водолазных и берегоукрепительных работ при строительстве переходов через водные препятствия, что составляет более 50% стоимости перехода;
- отсутствие необходимости балластировки трубопроводов (балластных грузов и утяжеляющих покрытий);
- отсутствие необходимости в взрывных работах по рыхлению плотных грунтов для последующего рытья подводной траншеи;
- возможность строительства перехода в любое время года, а также упрощенный порядок согласования с заинтересованными организациями (Рыбнадзором и другими);
- малая продолжительность строительства;
- высокое качество строительства дает возможность принимать решения об отказе от строительства резервных ниток;
- уменьшение затрат на эксплуатацию перехода.

Несмотря на ряд преимуществ наклонного бурения перед традиционным методом, существует ряд ограничений применения метода ННБ при строительстве переходов трубопроводов:

- неблагоприятные условия почвы: ННБ вызывает значительные трудности при бурении в гравийных грунтах (гравия более 30%), в грунтах типа плавунцов, в грунтах с включением валунов и булыжников. В таких случаях усложнен контроль при бурении пилотной скважины, возможен обвал грунта при расширении пилотной скважины и заклинивании рабочего трубопровода при его протаскивании;
- к другим ограничивающим факторам относятся также диаметр рабочего трубопровода, превышающий 1420 мм, и длина бурения горизонтальной скважины, превышающей 1,5 км. Для строительства трубопроводов большего диаметра и протяженностью методом наклонно-направленного бурения требуется более мощное оборудование и совершенная технология;
- отсутствие глинопорошков отечественного производства для приготовления бурового раствора и,
- как следствие, применение дорогостоящих импортных бетонитов и полимерных добавок [1].

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист 30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Несмотря на все недостатки, метод наклонно-направленного бурения является одним из самых прогрессивных методов в строительстве подводных переходов [18].

2.3 Организация строительства подводных переходов

В зависимости от характеристики водных преград, типа используемых буровых установок, технологии бурения, конструктивных параметров бурового оборудования и протаскиваемого трубопровода (длины криволинейного участка, диаметра и др.) строительство подводных переходов трубопроводов способом ННБ осуществляется по различным технологическим схемам, имеющим определенные различия.

Суть метода состоит в том, что по створу перехода под руслом реки пробуривается скважина, по которой с берега на берег протаскивается трубопровод [16].

2.3.1 Подготовительные работы

Организационно-техническая подготовка к строительству подводных переходов и подготовительные работы включают:

- проверку и корректировку проектных данных, включая данные технологического проектирования в соответствии с действительными условиями;
- закрепление на местности существующих подземных коммуникаций;
- контрольную нивелировку основных реперов и привязку к ним временных;
- устройство временных строительных площадок и подъездных автодорог;
- разработку и перемещение во временный отвал плодородно-растительного слоя с территории площадок и подъездных дорог;
- передислокация строительной техники;
- монтаж буровой установки и вспомогательного технологического оборудования, складирование материалов и конструкций.

Перед началом работ по обустройству строительной площадки, согласно проекту и требованиям природоохранных и согласующих органов, должны быть вынесены и закреплены соответствующими знаками:

границы строительной площадки;

створ подземного перехода;

места расположения приемов для захода и выхода буровой скважины;

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

границы размещения котлованов–шламонакопителей.

2.3.2 Основные этапы наклонно-направленного бурения

Технологическая схема ННБ при строительстве переходов включает 4 последовательных этапа:

- бурение пилотной (пионерной) скважины;
- расширение скважины вперед или назад;
- калибровка скважины;
- протаскивание дюкера ходом назад.

На первом этапе строительства пробуривается пионерная, направляющая скважина, диаметр которой значительно меньше диаметра дюкера.

Диаметр пилотной скважины не превышает 20 см. Бурение может производиться с использованием, например, струйной шарошки, которая с помощью гидравлической энергии бурового раствора размывает породы.

При пилотном бурении используются различные системы навигации, предназначенные для проведения скважины по заданной траектории от ее входа до выхода [18].

Второй этап – расширение скважины до необходимого размера. Диаметр скважины должен быть больше диаметра трубопровода на 30 – 50%. При проходке не должно быть такой ситуации, когда диаметр пропускаемых по скважине каких-либо устройств равнялся бы диаметру скважины. Размер этих устройств должен быть значительно меньше диаметра скважины. Расширение можно производить двумя способами:

1. расширение ходом вперед; при этом способе буровой расширитель проталкивается со стороны входа скважины к ее выходу с помощью бурового става; расширитель, размещенный на входной стороне, при своем вращении режет породы, увеличивая диаметр скважины и перпендикулярность ее к плоскости забоя;
2. расширение ходом назад; при этом способе расширитель с помощью буровой установки перемещается от выхода к входу [14].

Третий этап бурения – калибровка. После того, как скважина будет расширена до требуемого диаметра, барабанный расширитель с тем же диаметром, что и трубопровод, протаскивается по скважине. После этого скважина будет откалибрована и очищена от любых помех, которые могут существовать внутри расширенной скважины. На обоих концах барабанного расширителя находятся резцы, позволяющие расширителю вырезать

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и удалять вывалы, которые могут затруднять перемещение барабанного расширителя по скважине [18].

Четвертый этап – протаскивание трубопровода. Головная часть протаскивателя подсоединяется к бурильным трубам, проходящим по скважине к буровой установке. Протаскиватель имеет шарнирный соединитель, позволяющий головной части изгибаться так, чтобы трубопровод мог пройти в скважину. Кроме того, протаскиватель оснащен спереди режущей головкой для того, чтобы при встрече с каким-нибудь препятствием внутри расширенной скважины бурильные трубы смогли быть приведены во вращение и режущая головка смогла бы удалить препятствие и открыть дорогу для протаскивания трубопровода по скважине.

Система проталкивания трубопровода состоит из цангового зажима, якорного устройства, системы поддержки трубопровода, системы полиспаатов и лебедки. Размещается эта система на стороне выхода скважины и предназначена для облегчения работы буровой установки при проталкивании трубопровода по скважине. Система проталкивания может быть использована для разных диаметров труб [18].

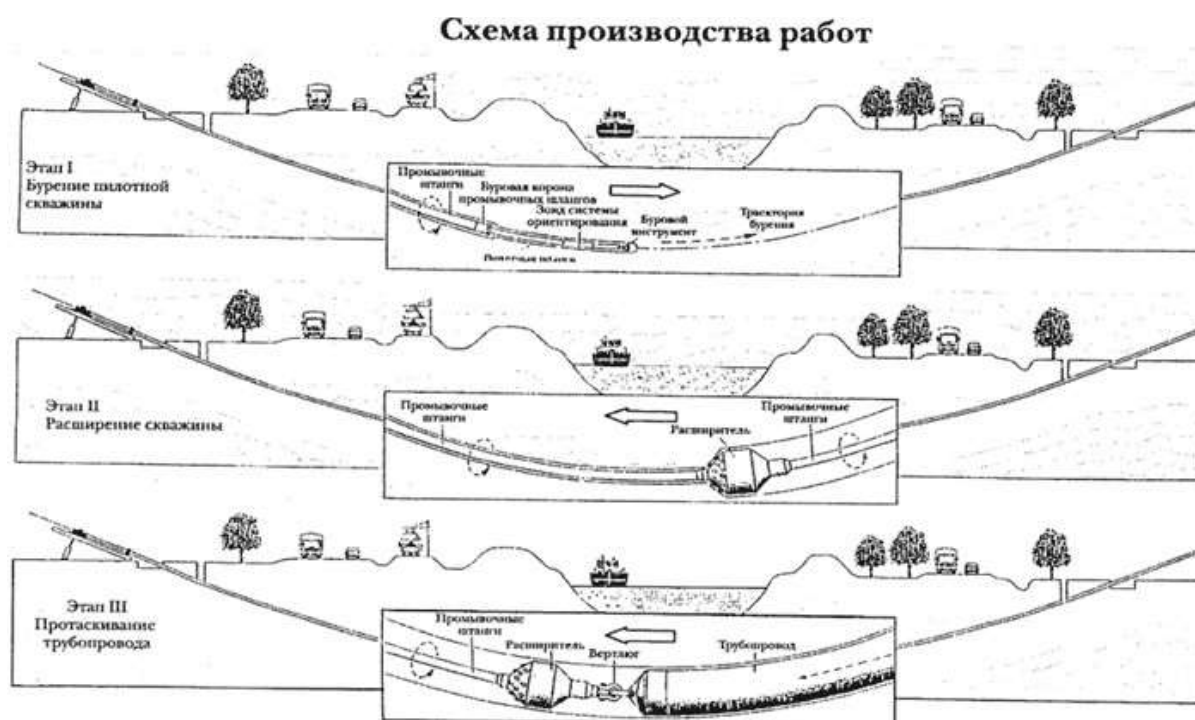


Рисунок 1 – Основные этапы процесса наклонно-направленного бурения [18]

Для сохранения целостности скважины и улучшения скольжения при разбуривании и протаскивании необходимо выполнять 4 простых, но важных правила:

1. контролировать используемую воду;

2. контролировать вязкость;
3. контролировать потерю жидкости;
4. контролировать вязкость бурового раствора.

На всех четырех этапах ННБ необходимо поддерживать нужную вязкость для эффективного укрепления грунта и сохранения буровой скважины от разрушения. Чрезмерная потеря воды из состава бурового раствора является причиной многих проблем буровых скважин: чем больше потеря воды, тем больше риск ослабить грунт, вплоть до его разрушения и образования пробки (закупоривания скважины) [14].

2.3.3 Характеристики бурового раствора, используемого при наклонно-направленном бурении

В качестве буровой смеси, выносящей частицы разработанной породы в виде суспензии, используется бентонитовый раствор, который впоследствии может быть отфильтрован в системе регенерации. К функциям бентонитового раствора относятся:

- размывание грунтов и удаление их из скважины;
- охлаждение и смазка режущего инструмента;
- укрепление стенок скважины на время производства работ;
- уменьшение трения рабочего трубопровода о стенки скважины и при его протаскивании;
- сокращение риска возможного повреждения изоляционного покрытия на трубопроводе при его протаскивании [16].

Рецептура бурового раствора, расход бентонита и специальных добавок устанавливаются проектом в зависимости от геологических условий химического состава воды и других факторов [18].

Для приготовления бурового раствора применяется бентонит – каменная порода, состоящая из глинистых материалов (рис. 2). Для применения в наклонно-направленном бурении необходима глина, имеющая пластинчатую, кристаллическую структуру. Такому условию наилучшим образом отвечает натриевый монтмориллонит (бентонит). Этот материал используют потому, что он обладает уникальной способностью впитывать воду, по массе превышающую его собственную в 5 раз, и разбухать, в 12 раз превышая свой первоначальный объем. Для применения в бурении бентонит должен по своему качеству отвечать определенным требованиям, что достигается соответствующей обработкой и очисткой [16].

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						34
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 2 – Бентонит, используемый для приготовления бурового раствора
Основные требования к качеству бурового раствора приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные требования к качеству бурового раствора

№	Показатели качества бурового раствора	Единицы измерения	Диапазон допустимых значений
1	Плотность	кг/м ³	1020-1150
2	Вязкость (по Маршу), не менее	с	25
3	Фильтрация	см ³ /30 мин.	5-14
4	Токсичность, не ниже	класс	4
5	Выход бурового раствора вязкостью >25 с, на 1 т бентонита, не менее	м ³	14
6	Содержание абразивных включений, не более	%	1,5

Состав бурового раствора определяется отдельно для каждой технологической операции: бурения пилотной скважины, расширения скважины, пропуска калибра, протаскивания трубопровода. Одновременно определяется расход компонентов и объемы бурового раствора с учетом частичного его поглощения и частичной регенерации.

В процесс приготовления бурового раствора и бурения скважины контролируются следующие параметры:

- плотность, г/см³;
- условная вязкость, с;
- водоотдача, см³/30 мин;
- толщина глинистой корки, мм;
- статическое напряжение сдвига, мг/см³;
- содержание песка, % объема;
- концентрация водородных ионов, pH [18].

Применяемая для приготовления бурового раствора вода должна иметь значение pH в пределах от 8,0 до 8,5.

Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения					Лист
					35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

На всех этапах ННБ необходимо поддерживать нужную вязкость для эффективного укрепления грунта и сохранения буровой скважины от разрушения.

Чрезмерная потеря воды из состава бурового раствора является причиной многих проблем буровых скважин. Чем выше потеря воды, тем больше риск ослабить грунт, вплоть до его разрушения и образования пробки (закупоривания скважины).

Оптимальный результат использования бентонита в составе бурового раствора достигается при тщательном перемешивании с водой, которая имеет значение pH 8,0 – 8,5, низкое содержание кальция и температуру не ниже 4° С. Для достижения необходимых свойств используют карбонат кальция и полимерные добавки. Количество бурового раствора и полимерных добавок регулируется в зависимости от типа грунта и типа бурового оборудования.

Полимерные добавки применяют с целью:

- увеличения выхода раствора;
- стабилизации процесса бурения;
- создания фильтрационной корки;
- улучшения смазывающих свойств;
- уменьшения сопротивления;
- увеличения прочности;
- достижения необходимого уровня вязкости;
- достижения контролируемого уровня фильтрации;
- достижения взвешенности при бурении в тяжелых песках и гравии;
- увеличения длины прямого и обратного бурения [16].

2.3.4 Оборудование, используемое при наклонно-направленном бурении

Ассортимент буровых установок, предлагаемых изготовителями, очень широк: от компактных устройств, предназначенных для бурения скважин малого диаметра на короткие расстояния, до установок, способных прокладывать трубы значительного диаметра на расстояния в несколько сотен метров.

Столь же широк ассортимент предлагаемых систем управления, буровых головок, расширителей и различных сопутствующих инструментов и устройств.

При сооружении подводных переходов трубопроводов используются буровые установки средней и большой мощности. Средние буровые установки с максимальным тяговым усилием до 400 кН и крутящимся моментом до 30 кНм применяются на переходах трубопроводов небольшого диаметра через малые реки. В других случаях

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						36
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

применятся большие и сверхбольшие установки по классификации, предлагаемой Ф. М. Мустафиным (таблица 4) [18].

Таблица 4

Типы буровых установок

Тип буровой установки	Максимальная сила тяги, кН	Максимальный крутящий момент, кНм	Масса, т
Средние	$> 150 \leq 400$	10 – 30	10 – 25
Большие	$> 400 < 2500$	30 – 100	25 – 60
Сверхбольшие	> 2500	> 100	> 60

Наиболее известными зарубежными фирмами, поставляющие бурильные установки, являются Tracto Technik, Vermeer, Ditch With, Cherrington (США), Herrenknecht AG, Дрилл Тек Гут (Германия).

В таблице 5 представлены основные технические характеристики буровых установок [18].

Таблица 5

Техническая характеристика буровых установок

Тип установки	Ширина, м	Длина, м	Масса, т	Тяговое (толкающее) усилие, кН	Диаметр проходки, мм	Макс. длина бурения м	Макс. расширение, м	Макс. крутящий момент, кНм	Давление буро вого раст вора, МПа	Удельный расход бур.ра ст-ра, л/м	Объем резе рвуа ра бур. раст -ра, м³	Угол в план е, град
Jet Trac 8/60 (Ditch With, США)	1,8	5,9	4,6	102	57-175	280	440	2,6	10,3	115	3,5-4,0	-
Jet Trac 7020 (Ditch With, США)	2,4	14	18	310	800	400	-	14	-	-	-	-
D50x100 (Vermeer, США)	-	-	13,2	225	1000	600	-	13	-	-	-	-
D150x300 (Vermeer, США)	-	-	20	450	1200	800	-	20	-	-	-	-
HK 100/150 (Herren-	-	-	35	1500	800	700	-	6,0	-	-	-	7-15

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

knecht, Германия)												
НК 300/400 (Herren- knecht, Германия)	-	-	65	4000	1500	1000	-	120	-	-	-	7-15
EG 2023.1 (Дрилл Тек Гут, Германия)	-	-	40	170	800	600	-	6	-	-	-	10- 33
EG 3204.1 (Дрилл Тек Гут, Германия)	-	-	92	4000	1400	1500	-	157	-	-	-	8-15
Cherringt on 60/300R (США)	2,4	13	18	3200	200-1400	2000	1600	-	0,1- 35,0	185- 460	36,6	
УББПТ-1 (Россия)	3,6	19,4	84	2000	800	1000	800	10	-	-	20	10- 16
Д-450А (Россия)	3,2	18	56	1000	114-270	800	530	-	-	-	10	7-15

Мощность буровой установки рекомендуется принимать из расчета обеспечения максимальных усилий для протаскивания трубопровода в скважину с коэффициентом запаса не менее 1,25 [14].



Рисунок 3 – Буровая установка, используемая при ННБ

Буровое оборудование выбирается исходя из следующих условий:

- обеспечения проходки пилотной скважины и ее расширения в различных грунтах (в том числе скальных);
- возможности неоднократного использования бурового раствора за счет его очистки и регенерации;
- применения оборудования, допускающего его безаварийную эксплуатацию и

					Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения		Лист
							38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

- открытое хранение на площадках в конкретных климатических условиях;
- обеспечение надежности протаскивания в скважине рабочего трубопровода заданной длины и диаметра [18].

Комплект оборудования для наклонно-направленного бурения включает в себя следующие элементы:

- буровой станок;
- буровой насос;
- энергоблок;
- блок управления;
- система приготовления и регенерации бурового раствора;
- буровая колонна; забойный инструмент;
- толкатель трубы;
- оборудование системы навигации [13].

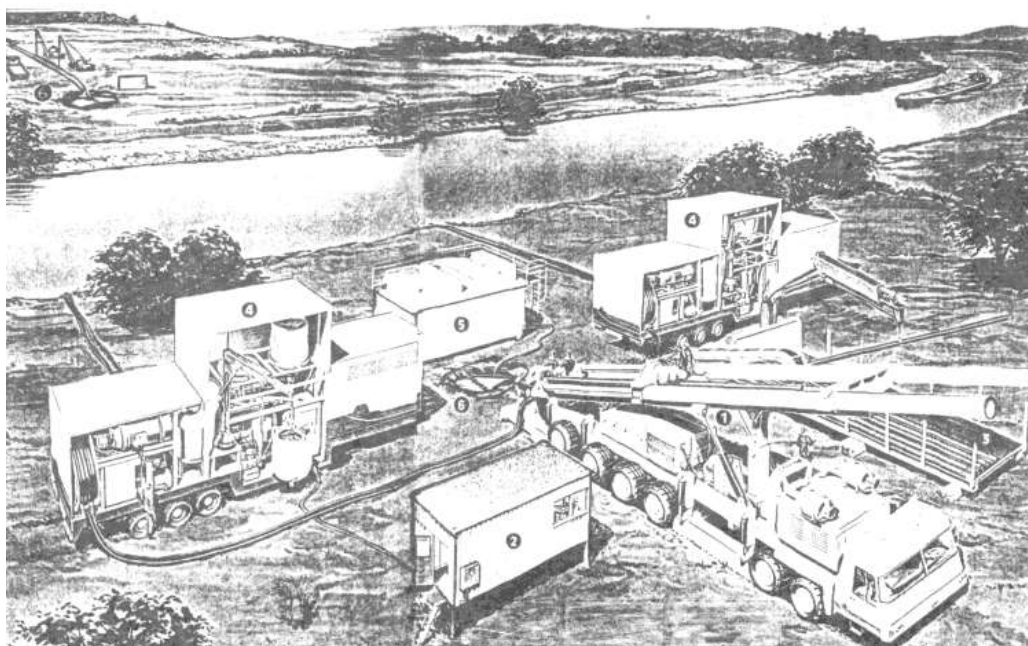


Рисунок 4 – Схема размещения оборудования на строительной площадке при ННБ:

- 1 – буровая установка; 2 – станция контроля; 3 – бокс для буровых штанг; 4 – станция приготовления бентонитовой смеси; 5 – склад для отработанной пульпы;
- 6 – входной и выходной приямки.

Основой буровой установки являются станина и буровая каретка. Станина с буровой кареткой часто выполняются отдельно от энергоблока, что расширяет возможности использования буровой установки в различных условиях строительства.

Буровая установка должна быть защищена от перемещений на грунте в процессе бурения, когда осуществляется подача вперед или назад. С этой целью используется

					Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения	Лист 39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

анкерная система, которая смонтирована на буровой установке в нижней ее части.

С целью увеличения тягового усилия к буровой установке можно присоединять дополнительное устройство подачи назад.

Насос бурового раствора является частью установки наклонно-направленного бурения на стороне входа; он обеспечивает гидравлической энергией процесс бурения, размывает породу струйным долотом или вымывает продукты резания при использовании трехшарошечного долота по твердым породам. Насос бурового раствора оптимизирует давление и расход бурового раствора в процессе бурения. Способность вымывать продукты бурения из забоя на поверхность позволяет поддерживать скважину в чистоте.



Рисунок 5 – Буровой насос

Технические характеристики буровых насосов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Технические характеристики буровых насосов

Модель		F-500	F-800	F-1000	F-1300	F-1600
Тип	Трехцилиндровые насосы однопоршневого действия					
Макс. длина ствола × ход	мм	170×191	170×229	170×254	180×304.8	
	дюйм	6 ³ / ₄ × 7 ¹ / ₂	6 ³ / ₄ × 9	6 ³ / ₄ × 10	7 × 12	
Ход/минута	rpm	165	150	140	120	
Номинальная мощность	кВт	373	597	746	970	1,194
	л.с.	500	800	1,000	1,300	1,600
Тип передачи	Шевронная зубчатая передача					
Передачное отношение		4.286:1	4.185:1	4.207:1	4.206:1	
Всасывающий коллектор	мм	203.2	254	304.8		
	in	8 фланц	10 фланц	12 фланц		
Выпускное отверстие	мм	102	127			
	дюйм	4 внутр. резьба	5 фланц 5000API			
Наружный диаметр ведущей оси зубчатой передачи	мм	139.7	177.8	196.85	215.9	
	дюйм	5 ¹ / ₂	7	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂	
Ключ	мм	31.75×31.75	44.45×44.45	50.8×50.8		
	дюйм	1 ¹ / ₄ × 1 ¹ / ₄	1 ³ / ₄ × 1 ³ / ₄	2×2		
Надглотанные полости		Клапан над клапаном				
		API 5#	API 6#	API 6#	API 7#	
Вес	кг	9,770	14,500	18,790	24,572	24,791
	фунт	21,540	31,970	41,420	54,170	54,650

В качестве главного двигателя буровой установки используется, как правило, дизель, который снабжает ее и вспомогательное оборудование электрической и гидравлической энергией.

Блок управления выполнен таким образом, чтобы обеспечить бурильщику обзор бурового пространства. Кабина имеет большое окно и крышу для защиты от дождя. Есть возможность видеть раму с буровой кареткой и механизм развинчивания и соединения бурильных труб. В блоке управления больших установок предусмотрено место для специалиста, производящего съемку и расчеты траектории пробуриваемой скважины [13].

В зависимости от свойств и структуры грунта в качестве забойного инструмента используют:

- для бурения рыхлых грунтов (супеси, суглинки, глины, пески) – гидроразмывающие насадки инжекторного типа (турбобуры), разрабатывающие забой промывочной жидкостью под давлением 4 МПа и более;
- для бурения в грунтах средней твердости – буровые долота различного типа;
- для бурения в твердых скальных грунтах – многошарошечные долота [16].

Для бурения и расширения скважин должен применяться породоразрушающий инструмент, соответствующий прочностным и абразивным характеристикам разбуриваемой породы.

При бурении пилотной скважины применяют гидромониторные долота, долота с режущим вооружением, шарошечные долота с гидромониторными насадками.

Для расширения скважины в легких грунтах применяются барабанные расширители с гидромониторными насадками, в средних грунтах – буровой инструмент с кольцевым ножом и гидромониторными насадками, в очень твердых грунтах – расширители шарошечного типа (рис. 6). Для калибровки скважин применяют калибраторы с гидромониторными насадками (рис. 7).

В зависимости от характеристики перехода, его инженерно-геологических и грунтовых условий, для разработки скважины подбираются соответствующие типы и конструкции шарошечных долот с учетом устройства и количества шарошек, количества и расположения гидромониторных насадок, вида опор бурового долота и других особенностей. Для создания требуемого крутящего момента на шарошечных долотах используется гидравлический забойный двигатель [20].

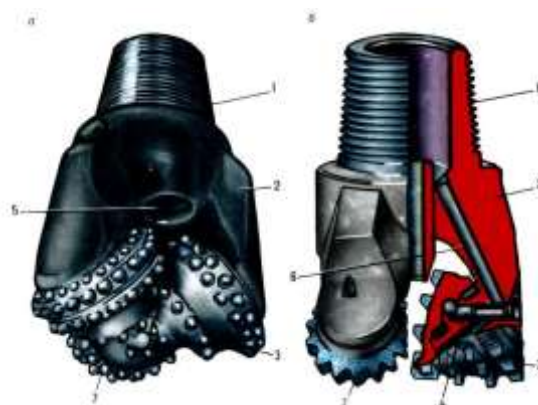


Рисунок 6 – Трёхшарошечное долото: а – гидромониторное; б – с продувкой опор
воздухом; 1–наружнеконусное присоединение; 2 – секция (лапа) долота; 3 – шарошка; 4
–опора долота; 5 – гидромониторный канал; 6 – канал для продувки опоры воздухом;
7 – зубья шарошек



Рисунок 7 – Гидромониторные насадки

Тип и размер применяемых бурильных труб зависит от максимальных нагрузок на них при бурении (силы тяги и крутящего момента). Для бурения должны использоваться бесшовные цельноканатные трубы с пределом текучести не менее 525МПа [18].

Для управления направлением бурения пилотной скважины существует система навигации или блок контроля. Система включает в себя: скважинный зонд, компьютер, приборы, показывающие положение в скважине, в некоторых установках имеется кабель, соединяющий скважинный инструмент с наземным компьютером. Этот блок помещается внутри бурового става в немагнитной переходной камере.

В тех случаях, когда вблизи точек входа и выхода скважины проходят стальные трубопроводы, сваи или другие металлические объекты, вызывающие искажение магнитного поля Земли, его использование оказывается невозможным. В этих случаях используют контур, размещенный на трассе скважины для создания искусственного магнитного поля, которое измеряется магнитометром, чувствительным к магнитному

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

полю, и, если знать точное положение контура, то можно точно определить положение измерительного блока в скважине относительно контура [16].

2.3.5 Особенности строительства трубопроводов методом наклонно-направленного бурения

Во время строительства трубопроводов методом ННБ существуют некоторые особенности.

Перед началом работ при реализации сложного проекта в конкретном проблемном регионе необходимо уделить время для надлежащего планирования и подготовки дорогих превентивных мер. Три простых, но часто упускаемых из внимания правила помогут сохранить целостность скважины и улучшить скольжение при ее разбуривании и протаскивании трубопровода:

- контроль используемой воды;
- контроль вязкости бурового раствора;
- контроль за потерей воды из бурового раствора.

Устойчивость формы протаскиваемого трубопровода может быть потеряна при комбинации растягивающего напряжения, вызванного осевой нагрузкой, напряжения изгиба вследствие искривления скважины и напряжения от давления жидкости или газа, транспортируемого по трубопроводу. Как следствие, происходит образование гофр или даже в некоторых случаях сплющивание поперечного сечения, что может привести к разрушению трубопровода. При проектировании трубопроводов, сооружаемых методом наклонного бурения, должны проводиться исследования возможной потери устойчивости формы, подбор физико-механических характеристик труб, а также расчет усилий и напряжений при их протаскивании и дальнейшей эксплуатации.

Для баллаستировки трубопровода в скважине используется заполнение протаскиваемой трубы водой. Эта труба не перемещается вместе с трубопроводом, она как бы выползает из него. Заполнение производится только в трубах большого диаметра, но так, чтобы трубопровод не стал слишком тяжелым. Иногда в трубопроводе размещается полиэтиленовая труба, которая и заполняется водой, постепенно продвигаясь в нем. При необходимости прикладывается дополнительное усилие: применяется трубопротаскивающее устройство, так называемая А-рама. При работе с помощью А-рамы начало протаскивания обязательно идет от буровой установки.

Оператор буровой установки прикладывает необходимое начальное усилие, в течение некоторого времени сохраняет его постоянным (50 % от максимального

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

паспортного усилия), затем по радио дает сигнал на А–раму. Протаскивание начинается, и после того, как труба пошла, дается сигнал на буровую установку. При этом усилие на буровой установке не нарастает, так как труба должна двигаться равномерно. Это делается еще и для того, чтобы трубу не поднимало вертикальной составляющей силы протаскивания сильно кверху скважины [13].

При работе с расширителями на обоих берегах должна соблюдаться синхронность в работах. Тяговое устройство (трактор, установка, лебедка) должно работать только при вращающейся трубе. Каждый цикл работ должен заканчиваться в удобной точке. Это может быть, например, расстояние, равное длине буровой штанги (9 м).

Реактивный крутящий момент возникает в трубе и направлен против направления вращения трубы. Особенно критический момент наступает, когда оператор на установке хочет быстро изменить направление бурения. Когда оператор уже прекратил вращение, труба еще вращается за счет сил скручивания. При работе с трубой на противоположном конце у людей должна быть ясность, вся ли труба раскрутилась. Это фиксируется прибором у оператора-бурильщика. Даже при небольшом крутящем моменте могут быть несчастные случаи. У оператора есть два способа снять реактивный крутящий момент: 1 – вращать трубу назад на 1 – 2 оборота; 2 – продвигать трубу в скважину поступательно.

Раскручивание особенно опасно при работе с тисками на противоположном берегу (длинные ручки которых могут быть причиной травмы).

Чем мягче породы, тем меньше должны быть остановки. Часто при протаскивании приходится останавливаться, чтобы приварить очередную секцию. Во время остановки (на момент остановки) записываются все показания приборов — при бурении пилотной скважины и ее расширении. Срыв бурения может произойти по разным причинам. Наиболее типичные из них:

- неправильный показатель рН воды;
- неправильный показатель вязкости бурового раствора;
- буровой раствор используется не в обоих процессах – бурении пилотной скважины и обратном протаскивании;
- добавление полимера в воду до того, как добавлен бентонит;
- нагнетание раствора до того, как он будет полностью выработан;
- перемешивание и нагнетание раствора «в полете», т.е. до того, как он будет полностью готов;
- слишком быстрое обратное протаскивание;

- раствор не выходит наружу скважины, т.е. нет циркуляции;
- чрезмерный изгиб буровой трубы;
- слишком неровная траектория бурения с большим количеством изгибов и поворотов, создающих трение;
- использование расширителя со слишком маленьким диаметром;
- использование в неплотных грунтах расширителя для плотных грунтов [16].

Построенные методом ННБ подводные переходы имеют срок эксплуатации до 50 лет. Поэтому изоляционное покрытие труб, прокладываемых методом наклонно-направленного бурения, должно быть усиленного типа. Этому же требуют и условия протаскивания. Конструкция покрытия (толщина, материалы) выбирается с учетом характеристики грунтов, назначения трубопровода, условий воздействия на изоляцию сил трения при протаскивании в скважине.

Защита трубопроводов от коррозии, исходя из возможных изменений коррозионных условий при длительных сроках эксплуатации нефтепроводов, должна проводиться комплексно: защитными и изоляционными покрытиями и средствами электрохимической защиты.

Физико-механические свойства изоляционного покрытия (сопротивление ударной нагрузке, отслаиванию и сдвигу, прочность на разрыв и др.) после нанесения его на трубы в заводских условиях и изоляции сварных стыков плетей в полевых условиях должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51164–98.

Одновременно с защитой трубопровода от коррозии с помощью изоляционного покрытия применяется и электрохимическая защита.

2.3.6 Осложнения при строительстве подводных переходов

В процессе бурения скважины для строительства подводного перехода могут возникать осложнения, вызванные геологическими условиями или применением неправильно подобранных технических средств и технологий. В ряде случаев осложнения являются причиной аварий и снижают технико-экономические показатели бурения. Необходимо стремиться к предупреждению осложнений, так как на их ликвидацию требуется значительно больше времени и средств. Часто не устраненное вовремя осложнение углубляется или является причиной новых осложнений; поэтому важно предупреждать их и быстро ликвидировать.

Поглощение является широко распространенным видом осложнений.

Интенсивность поглощения зависит от величины перепада давления на пласт и от

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

проницаемости пласта и свойств промывочной жидкости. В большинстве случаев поглощение приурочено к проходке сильно трещиноватых и кавернозных карбонатных пород, галечниковых и песчаных отложений. Снижение уровня промывочной жидкости в скважине может привести к снижению противодавления на слабоустойчивые породы и к их обрушению [18].

Обвалы стенок скважины возникают как в рыхлых, так и в скальных породах. В рыхлых породах поддержание стенок скважины в устойчивом состоянии достигается противодавлением столба промывочной жидкости на пласт. В глинистых породах возможно существенное снижение устойчивости за счет повышения влажности, вызванной контактом с раствором и проникновением фильтрата раствора. Об обвалах судят по возрастанию давления на буровых насосах, повышенному выносу обломков породы и шлама из скважины, возрастанию крутящего момента. Обвалы могут привести к прихвату инструмента. Процессы обвалообразования интенсифицируются во времени, поэтому важно вести бурение быстро, без задержек.

На буровой установке должен быть необходимый комплект ловильных инструментов. Ловильный инструмент предназначен для захвата и извлечения оставленных в скважине частей бурового снаряда, промывочных труб и других предметов [18].

Основные виды осложнений при бурении и меры по их предупреждению и ликвидации представлены в таблице 7 [18].

Таблица 7

Основные виды осложнений при бурении и меры по их предупреждению и ликвидации

Вид осложнений	Горные породы	Причины возникновения осложнений	Проявление осложнений	Меры предупреждения и ликвидации
Поглощение промывочной жидкости	Трещиноватые закарстованные рыхлые со значительной пористостью и низкими статическими уровнями подземных вод. Зоны тектонических разрушений.	Превышение давления столба промывочной жидкости над пластовым. При СПО и бурении имеют место гидродинамические воздействия промывочной жидкости на пласт, что интенсифицирует процесс поглощения и может привести к гидравлическому разрыву пласта.	Нарушение циркуляции промывочной жидкости, затяжки, прихваты инструмента, а также обрушение пород.	Исключение или сведение к минимуму динамических условий при СПО. Уменьшение противодавления промывочной жидкости на пласт путем снижения плотности раствора. Использование буровых растворов с высокими климатизирующими свойствами, тампонажных растворов (в том числе быстросхватывающих) и инертных наполнителей.

Обвалы стенок скважин	Пески, супеси, суглинки, глинистые сланцы, аргиллиты, трещеноватые полускальные породы (известняки, доломиты, гипс и т.д.)	В результате действия горного давления вышележащих пород. Недостаточное гидростатическое давление промывочной жидкости на стенки скважины. Снижение прочности пород за счет увлажнения.	Кавернообразование и обильный вынос породы, резкое повышение давления нагнетательной линии насосов, прихват бурового инструмента. При спуске инструмент доходит до забоя.	Применения промывочных жидкостей с минимальной водоотдачей и плотностью, обеспечивающих устойчивость пород. Организация работ и применение технологий, обеспечивающих минимальные затраты времени на бурение. Скорость выноса шлама должна быть больше 0,8-1 м/сек. Не допускать длительного пребывания бурового инструмента без движения.
Сужение ствола скважины	Глина и глинистые сланцы, аргиллиты, соляные породы	Выдавливание породе ствол скважины под действием горного давления или при недостаточном противодавлении столба промывочной жидкости на пласт.	Ползучесть породы и сужение ствола скважины, затяжки и прихват бурового инструмента.	Применение утяжеленных растворов. Организация работ и применение технологий, обеспечивающие минимальные затраты времени на бурение.
Желобо-образование	Твердые глины, глинистые сланцы, аргиллиты и другие	Увеличение сил прижатия буровых труб к стенкам скважины на участках искривления стволов скважин. Значительное время бурения, частые СПО.	Затяжки и прихваты бурового инструмента, необходимость проработки ствола скважины.	Использование компоновок бурового инструмента и технологии бурения, обеспечивающих заданное искривление ствола скважины. Бурение с максимальной проходкой на долото и высокими коммерческими скоростями.
Образование сальников	Глинистые породы	Недостаточная выносная способность промывочной жидкости, а также применение растворов с большей водоотдачей и образование на стенках скважины толстой глинистой корки.	Повышение давление нагнетательной линии насоса; рост крутящего момента при бурении; затяжки и прихваты бурового инструмента	Увеличение интенсивности промывки, использование турбулизаторов на бурильной колонне. Периодическое прорабатывание ствола скважины при высоких частотах вращения колонны. Применение раствора с малой водоотдачей, обработка полимерами.
Грифопо-образование	Закарстованные трещиноватые, рыхлые со	Инфильтрация бурового раствора в окружающий	Непреднамеренные прорывы бурового раствора на	Увеличение заглубления скважины, пригрузка

	значительной пористостью	грунт, недостаточное заглубление скважины.	поверхность.	грунтом места прорыва раствора, тампонаж затрубного пространства.
Растворение	Соляные породы	Растворение пород, слагающих стенки скважины под действие промывочной жидкости.	Интенсивное кавернообразование, в ряде случаев обвалы вышележащих пород, некачественное цементирование обсадной колонны	Применение безводных промывочных жидкостей, а также жидкостей, обеспечивающих минимальное растворение породы (соляные растворы и др.). Использование обычных глинистых растворов.

2.3.7 Очистка полости и испытание трубопровода

После протаскивания трубопровода производятся очистка внутренней полости и его испытание.

Очистка полости подготовленного к испытанию трубопровода производится струей воды с целью удаления из него различных экологически не опасных загрязнений (окалины, ржавчины, грунт, мусор и т.д.), случайно попавших при монтаже.

Очистка трубопровода осуществляется потоком воды с пропуском очистного устройства и совмещается с удалением из него воздуха и заполнением водой для последующего гидравлического испытания. Скорость перемещения поршня–разделителя не должна быть менее 1 км/час, но и не более 1,5 км/час. При промывке трубопровода перед поршнем-разделителем должна быть залита вода в объеме 10 – 15% объема полости очищаемого участка.

Очистка будет закончена, когда из сливного патрубка будет выходить струя незагрязненной жидкости и поршень выйдет неразрушенным [14].

Испытания трубопровода на переходах на прочность и проверку на герметичность в соответствии с проектом производят одним из рекомендуемых способов: гидравлическим, пневматическим или комбинированным. Испытания проводятся в три этапа: после сварки плетей на стапеле, после протаскивания трубопровода в скважину и при испытании участка трассы трубопровода. Величина испытательного давления рабочего трубопровода указывается в проекте и должна соответствовать требованиям СП 111–34–96 «Очистка полости и испытание газопроводов» [26].

Временные трубопроводы для подключения накопительных и прессовочных агрегатов должны пройти гидравлическое испытание на давление, равное 1,25 испытательного давления в течение 6 ч.

					Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Контроль на герметичность плети или всего трубопровода на переходах производят после испытания на прочность и снижения испытательного давления до проектного рабочего в течение времени, необходимого для осмотра перехода (но не менее 12 часов).

Проведение испытания трубопроводов на подводных переходах должно соответствовать инструкции, разработанной подрядной строительной организацией и согласованной с заказчиком, с учетом всех требований соответствующего нормативного документа на сооружение данного трубопровода и разделов по контролю, технике безопасности и охране окружающей среды [26].

2.3.8 Контроль качества и ввод в эксплуатацию

Контроль качества работ на протяжении всех этапов строительства подводного перехода трубопровода от начала и до завершения осуществляется различными методами, средствами и приборами в зависимости от места и времени проведения контроля в технологическом процессе, характера работы, объема и охвата контролируемых параметров, периодичности использования средств измерения.

На всех этапах строительства подводного перехода осуществляется входной контроль поступающих материалов, конструкций, изделий, труб и т.д., а также технической документации на эти материалы с составлением соответствующих актов входного контроля.

После завершения строительства объектов на переходе или отдельных его этапов, а также выполнения скрытых работ проводится приемочный контроль. По результатам данного контроля должно быть принято документированное решение о пригодности объекта к эксплуатации, устранения недостатков или возможности выполнения последующих работ.

Для обеспечения инструментального контроля за состоянием крупных (более 200 м) подводных переходов после их строительства местах размещения крановых узлов целесообразным является установка камер пуска и приема внутритрубных устройств, контролирующей полость трубы (дефектоскопов – снарядов кабельного типа и др.). Конструкция таких камер должна быть определена проектом.

Результаты приемочного контроля следует фиксировать в актах освидетельствования скрытых работ, актах промежуточной приемки ответственных конструкций, актах испытания трубопроводов на прочность и герметичность и других документах, предусмотренных действующими нормативами и условиями контракта.

Приемка в эксплуатацию законченного строительством подводного перехода

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

трубопровода производится на основании прямо-сдаточной документации, предъявляемой генподрядчиком сначала рабочей комиссии, а затем государственной приемочной комиссии.

Прямо-сдаточная документация включает:

- ✓ различные списки, реестры, ведомости, справки, паспорта, сертификаты;
- ✓ исполнительную проектную документацию;
- ✓ исполнительную производственную документацию.

После окончания работы рабочей комиссии вся прямо-сдаточная документация передается заказчику [14].

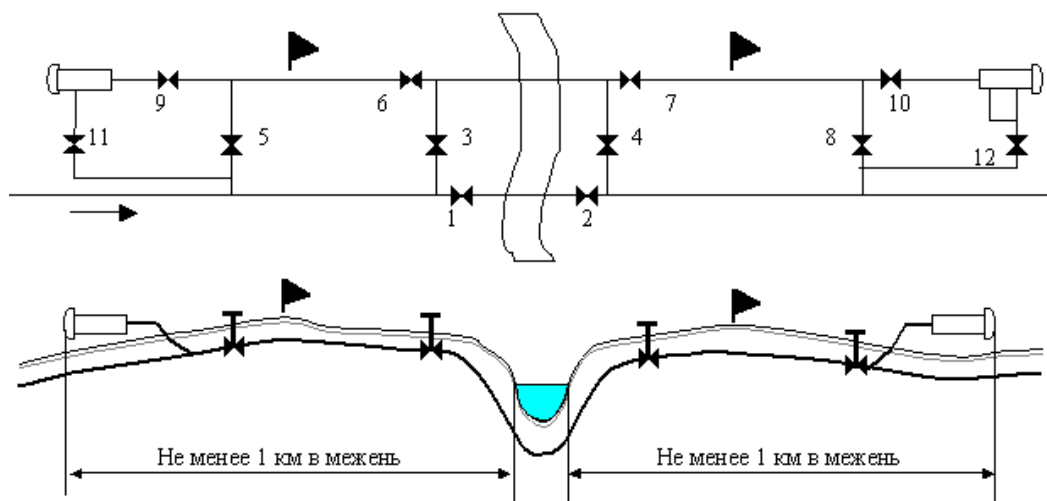


Рисунок 8 – Схема действующего подводного перехода [19]

2.4 Охрана окружающей среды при строительстве переходов

При сооружении подводных переходов все мероприятия по охране окружающей среды должны быть отражены в проекте в соответствии с требованиями федеральных, отраслевых и (или) корпоративных документов.

Строительная организация, занимающаяся строительством подводного перехода газопровода, несет ответственность за соблюдение решений по охране окружающей среды, предусмотренных проектом. Персональная ответственность за выполнение мероприятий, связанных с защитой водоема от загрязнения, и соблюдение требований рыбнадзора и других органов возлагаются на руководителя строительства подводного перехода.

Перед началом строительства подводного перехода для рабочих и инженерно-технического персонала должен быть проведен экологический инструктаж по соблюдению требований охраны окружающей среды при выполнении

строительно–монтажных работ, изложенных в проекте и соответствующих нормативных документах [25].

Движение транспортной и строительной техники круглогодично допускается только лишь по постоянным дорогам, а в зимний период – по специально подготовленным зимним технологическим дорогам.

Строительно–монтажные площадки, жилые городки строителей, вспомогательные сооружения и другие объекты должны располагаться за пределами водоохранной зоны и других охраняемых зон.

При оборудовании строительно–монтажной площадки должны быть предусмотрены специальные зоны для технического оборудования, мойки, заправки машин и механизмов.

Расположение таких зон должно исключать:

- нарушение направлений поверхностного стока воды;
- повреждение почвенно–растительного покрова (в районах многолетней мерзлоты);
- разлив горюче–смазочных материалов, смол и других материалов;
- загрязнение территории отходами производства;
- попадание сточных вод, топлива, масла в проточную воду;
- возгорание растительности и торфяников по причине работы неисправных технических средств [14].

При техническом обслуживании, заправке, ремонте плавучих средств запрещено загрязнение водоемов остатками топлива, масел и обтирочными материалами.

Плодородный слой почвы на площади, занимаемой береговой траншеей, строительно–монтажной площадкой, а также в местах движения тяжелой гусеничной техники должен быть снят и складирован для использования его в последующем при рекультивации земель.

При производстве подводных земляных работ земснарядами запрещается использовать пульпопроводы с неисправными уплотнениями и шарнирами, которые могут способствовать утечке части пульпы в не отведенные для отвалов места. Топливо, масло, производственные и бытовые отходы с грунтоработавыводящих средств не должны попадать в воду [25].

Разработанный грунт должен быть удален путем рефулирования по пульпопроводу или в шаландах с последующим складированием в подводные и береговые отвалы, расположение которых должно быть согласовано с региональными организациями речного флота, рыбного хозяйства и другими заинтересованными ведомствами.

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно–направленного бурения</i>	<i>Лист</i> 51
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Следует также отметить, что границы отвала грунта при производстве подводных земляных работ должны быть точно обозначены. Выброс грунта за пределами установленных границ запрещен.

При складировании грунта в береговые отвалы необходимо исключить попадание его в водоемы при колебаниях уровня воды, поверхностных стоках, волнении и других явлениях. В качестве мест складирования грунта на береговых участках могут выступать овраги, болота, малопригодные для сельскохозяйственных работ пойменные участки, намечаемые по согласованию с землепользователями.

В случае необходимости складирования грунта на территории низких пойм следует устанавливать защитные береговые дамбы, позволяющие исключить утечку грунта (пульпы) в реку. С целью снижения загрязнения водной среды и потерь грунта под действием течения при разработке траншей на урезах земснарядами с выгрузкой грунта на берег необходимо установить временные перемычки (дамбы) и затоны (ковши) для захода разгружающих шаланд [14].

Во время выполнения берегоукрепительных работ и планировки берегового откоса запрещено сталкивать растительный грунт и строительные отходы в русло реки.

При разработке подводных траншей с использованием буровзрывных работ необходимо применять методы ослабления гидроударных волн (короткозамедленное взрывание зарядов, воздушно-пузырьковые экраны, специальные конструкции зарядов и др.), позволяющие сократить ущерб, наносимый гидрофауне.

Проведение взрывных работ при устройстве подводных траншей должно быть согласовано с местными органами рыбоохраны, охраны окружающей среды и другими заинтересованными организациями. На период нереста рыб подводные взрывные и земляные работы запрещены.

Важно отметить, что на каждом из этапов строительства подводного перехода строительная и принимающая работы организации должны следить за соблюдением требований по охране окружающей природной среды и, в случае их нарушения, фиксировать в соответствующих актах и предписаниях.

Акты приемки работ могут быть подписаны только при условии выполнения всех, предусмотренных проектом природоохранных мер [25].

					<i>Строительство подводных переходов методом наклонно-направленного бурения</i>	<i>Лист</i>
						52
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ГЛАВА 3 ТИПОВОЙ РАСЧЕТ ТЯГОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОТАСКИВАНИИ ТРУБОПРОВОДА

3.1 Протаскивание трубопровода

Протаскивание трубопровода осуществляется втягиванием колоны буровых штанг «на себя» до выхода оголовка трубопровода на поверхность в точке забуривания у буровой установки.

Протаскивание трубопровода в пробуренную и расширенную скважину производится согласно технологической карте.

При протаскивании трубопроводов важно учитывать класс трубопровода. Согласно СНиП 2.05.06 – 85* «Магистральные трубопроводы» в зависимости от диаметра трубопровода магистральные нефтепроводы подразделяются на четыре класса:

- I – при диаметре свыше 1000 мм и до 1200 мм включительно;
- II – при диаметре свыше 500 мм и до 1000 мм включительно;
- III – при диаметре свыше 300 мм и до 500 мм включительно;
- IV – при диаметре 300 мм и менее.

Магистральные трубопроводы, а также их участки подразделяются на категории, требования к которым в зависимости от условий работы, объема неразрушающего контроля сварных соединений и величины испытательного давления приведены в таблице 8 [30].

Таблица 8

Категории трубопроводов

Категория трубопровода и его участка	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность, m
V	0,60
I	0,75
II	0,75
III	0,90
IV	0,90

					<i>Технология сооружения подводного перехода методом наклонно–направленного бурения</i>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Саваленко Р.А.				<i>Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода</i>			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.	Шадрина А.В.								53	11	
Консульт								<i>ТПУ гр. 3-2Т00</i>			
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.										

Категории участков магистральных трубопроводов представлены в таблице 9 [30].

Таблица 9

Категории участков трубопроводов

Назначение участков трубопроводов	Категория участка трубопровода
Переходы через водные преграды:	
а) судоходные – в русловой части и прибрежные участки длиной не менее 25 м каждый (от среднемеженного горизонта воды) при диаметре трубопровода, мм:	
1000 и более	В
менее 1000	I
б) несудоходные шириной зеркала воды в межень 25 м и более – в русловой части и прибрежные участки длиной не менее 5 м каждый (от среднемеженного горизонта воды) при диаметре трубопровода, мм:	
1000 и более	В
менее 1000	I
в) несудоходные шириной зеркала воды в межень до 25 м – в русловой части, оросительные и деривационные каналы	I
г) горные потоки (реки)	I
д) поймы рек по горизонту высоких вод 10%-ной обеспеченности при диаметре трубопровода, мм:	
700 и более	I
менее 700	I
е) участки протяженностью 1000 м от границ горизонта высоких вод 10 %-ной обеспеченности	I

Перед протаскиванием трубопровода должен быть выполнен комплекс подготовительных работ. Трубопровод должен быть сварен, испытан, заизолирован и уложен на роликовые опоры. К переднему концу рабочей плети приваривается заглушка с серьгой, которая воспринимает тяговое усилие.

Головную часть трубопровода перед протаскиванием устанавливают в створе перехода таким образом, чтобы обеспечить угол ее перехода в скважину, равный углу выхода пилотной скважины, и обеспечена соосность трубопровода и скважины на

					Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

входном участке. Для выполнения этого условия в створе перехода плетъ трубопровода поддерживается под заданным углом на троллейных подвесках с обрезиненными роликами с помощью трубоукладчиков.

Трубопровод соединен с колонной буровых штанг через вертлюг, выдерживающий не менее 250 т тяговой нагрузки, и расширитель–калибратор. Роликовые опоры, используемые при протаскивании трубопровода, должны обеспечивать защиту изоляционного покрытия трубопровода.

Во время протаскивания трубопровода осуществляется постоянный приборный контроль изоляционного покрытия.

Процесс протягивания трубопровода в пробуренную и расширенную скважину идет непрерывно с кратковременными остановками для снятия буровых штанг [14].

3.2 Расчет тяговой нагрузки

Для ориентировочной оценки усилия протягивания, представляющего собой сумму эквивалентных весов бурильной колонны и трубопровода в скважине с весом части трубопровода на берегу при умножении слагаемых на соответствующие коэффициенты трения используется формула, не учитывающая особенности профиля скважины:

$$T = f^* q_{обк} L_{бк} + (f q_0 + \pi D_{ни} \tau_o) L_{мс} + f_{оп} q_{тр} L_{мб} \quad (1),$$

где f^* – коэффициент трения при вращении бурильной колонны; $q_{обк}$ – вес единицы длины бурильной колонны в буровом растворе; $L_{бк}$ – трущая длина бурильной колонны; f – коэффициент трения при движении трубопровода по скважине, $f = 0,5$; q_0 – вес единицы длины трубопровода с изоляцией в буровом растворе с заполнением и балластировкой; $D_{ни}$ – наружный диаметр трубопровода с учетом изоляционного покрытия; τ_o – динамическое напряжение сдвига бурового раствора; $L_{мс}$ – длина части трубопровода в скважине; $f_{оп}$ – коэффициент трения при движении трубопровода на рельсовых опорах, $f_{оп} = 0,05$; $q_{тр}$ – вес единицы длины трубопровода с изоляцией; $L_{мб}$ – длина части трубопровода на берегу [3].

Коэффициент трения для бурильной колонны может быть найден по следующей формуле:

$$f^* = \frac{f}{\sqrt{1 + \left(\frac{v_r}{v}\right)^2}} \quad (2),$$

где v_r – окружная скорость точки поверхности бурильной колонны; v – поступательная скорость протаскивания, равная:

$$v_r = \frac{\pi \times n \times D_{бк}}{60} \quad (3),$$

					Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						55

где n – скорость вращения колонны в оборотах в минуту; $D_{\text{бк}}$ – наружный диаметр бурильной колонны.

Вес бурильной колонны в буровом растворе равен:

$$g_{\text{бк}} = \frac{\pi(D_{\text{бк}}^2 - d_{\text{бк}}^2)}{4} \times g(\rho_{\text{ст}} - \rho_{\text{бр}}) \quad (4),$$

где $D_{\text{бк}}$, $d_{\text{бк}}$ – соответственно наружный и внутренний диаметры бурильной колонны; $\rho_{\text{ст}}$ – плотность стали, $\rho_{\text{бр}}$ – плотность бурового раствора.

Вес единицы длины заизолированного трубопровода, заполненного водой в буровом растворе:

$$q_o = q_{\text{тр}} + q_{\text{б}} - q_{\text{в}} \quad (5),$$

где $q_{\text{б}}$ – вес воды в единицы длины трубопровода при заполнении водой (балластировке); $q_{\text{в}}$ – выталкивающая сила, действующая на единицу длины в буровом растворе, равная:

$$g_{\text{в}} = \frac{\pi \times D_{\text{вн}}^2}{4} \times \rho_{\text{в}} g \quad (6),$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубопровода; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$;

$$g_{\text{в}} = \frac{\pi \times D_{\text{вн}}^2}{4} \times \rho_{\text{бр}} g \quad (7),$$

При оценке усилия протаскивания при трогании трубопровода в формуле (1) принимаются удвоенные значения коэффициентов трения [3].

Формула (1) позволяет определить усилие протаскивания в какой то момент, когда часть трубопровода находится в скважине, а часть – на берегу.

В начальный момент протаскивания, а именно, когда весь трубопровод находится на берегу, усилие протаскивания определяется по формуле:

$$T = (f_{\text{он}} \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0) q_{\text{тр}} L + T_{\text{р}} \quad (8),$$

где α_0 – угол наклона оси трубопровода, уложенного на роликовые опоры, к горизонту; L – длина трубопровода; $T_{\text{р}}$ – усилие, необходимое для протягивания расширителя, зависит от типа расширителя и условий строительства.

Величины $T_{\text{р}}$ для различных типов расширителей уточняются по мере накопления опыта строительства переходов.

В конечный момент протаскивания, когда весь трубопровод находится в скважине, а бурильная колонна – на берегу, усилие протаскивания определяется по формуле:

$$T = (f q_0 + \pi D_{\text{ни}} \tau_o) L \quad (9).$$

Для уточненного расчета тяговой нагрузки анализируется траектория бурения, при этом наиболее типичным являются следующие правила:

- состоящие: из двух граничных прямолинейных участков и центрального искривленного по радиусу участка;

					Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- профили, включающие дополнительно центральную прямолинейную вставку.

Если позволяют условия проектирования, дина центральной вставки должна превышать 50 м (около 5 бурильных труб) в целях получения возможности корректировать профиль при бурении скважины [3].

Необходимо учитывать, что минимальное заглубление трубопровода в дно пересекаемой водной преграды должно быть достаточным, чтобы предотвратить выброс бурового раствора при строительстве и обеспечить устойчивое положение незабалластированного, пустого трубопровода.

Разрешенное отклонение места выхода пионерной скважины от проектного створа на противоположном берегу не должно быть больше площади, равной 3×3 м. Разрешенное отклонение места выхода скважины не должно быть более 1% ее длины и должно быть отражено в проекте перехода.

Расчетный радиус кривизны для дуговых участков, используемых при сооружении объектов методом ННБ, определяется по следующей формуле:

$$R = 1200 \cdot D_{\text{ном}} \quad (10)$$

где R – радиус кривизны дуговых участков, м; $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр трубы, м.

Эта зависимость была определена в течение многолетней практики горизонтального бурения и представляет собой эмпирическое выражение, основанное на обеспечении технологичности принятого решения [3].

Следует отметить, что минимальное расстояние между параллельными трубопроводами, прокладываемыми способом наклонно-направленного бурения, зависящее от точности системы ориентации в бурильной колонне, не должно быть менее 10 м. Такое же минимальное расстояние должно устанавливаться между новым трубопроводом, прокладываемым ННБ, и существующим трубопроводом. Расстояния должны проверяться после бурения пионерной скважины до ее расширения и протаскивания рабочего трубопровода.

Пусть профиль перехода состоит из двух прямолинейных участков длиной L_1 и L_3 и одного криволинейного длиной L_2 . Угол забуривания $\alpha_{\text{вх}}$, угол выхода $\alpha_{\text{вых}}$.

Суммарная тяговая сила, требуемая для укладки трубы, определяется посредством суммирования индивидуальных сил, требуемых для протаскивания трубы по каждому прямолинейному и криволинейному участку профиля скважины (рис. 9).

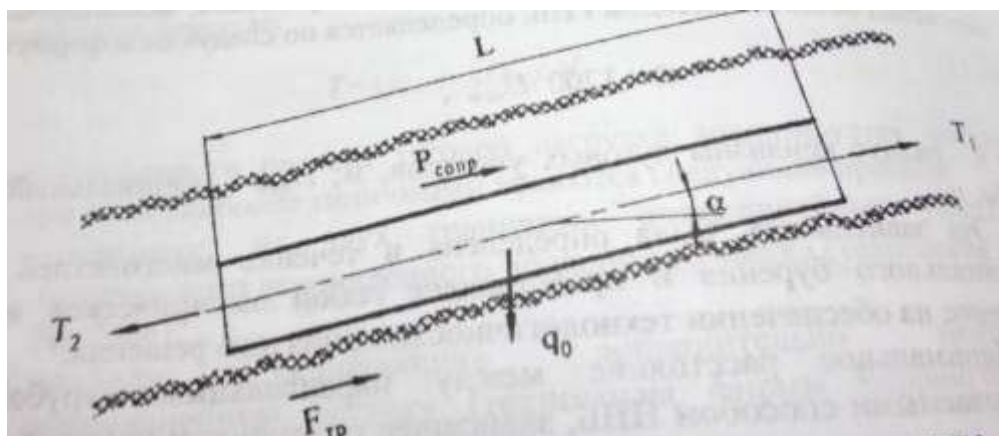


Рисунок 9 – Модель участка трубопровода в скважине [3]

Для рассматриваемого участка натяжение левого конца определяется по уравнению равновесия статических сил:

$$T_2 = T_1 + F_{\text{тр}} + P_{\text{сопр}} \pm q_o \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (11),$$

где T_2 – натяжение в левом конце отрезка, требуемое для преодоления сопротивления трения; T_1 – натяжение в правом конце отрезка; это натяжение может быть нулевым на первом отрезке скважины, либо может определяться по сопротивлению трубы, остающейся на роликах; $F_{\text{тр}}$ – сила трения между трубой и грунтом; $P_{\text{сопр}}$ – гидравлическое сопротивление между трубой и вязким буровым раствором; q_o – эффективный (погруженный) погонный вес одного метра трубопровода плюс вес внутреннего содержимого (если трубопровод заполнен водой); L – длина отрезка; α – угол оси прямолинейного отрезка относительно горизонтали (нулевой угол соответствует горизонтали, 90° – вертикали).

Слагаемое со знаком $\pm$ разрешается в следующем порядке:

(–), если T_2 направлено вниз по скважине;

(+), если T_2 направлено вверх по склону;

(0), если участок скважины горизонтален, $\alpha = 0$.

Определим усилие для конечного момента протаскивания, когда весь трубопровод, состоящий из двух прямолинейных и одного криволинейного участков, находится в скважине, а колонна буровых труб на берегу, усилие сопротивления расширителя равно нулю.

Сила сопротивления перемещению трубопровода в вязкопластичном буровом растворе на единицу длины определена по формуле:

$$\rho_0 = \pi \cdot D_{\text{ни}} \cdot \tau_o \quad (12).$$

Запишем выражение (11) в развернутом виде. Для этого в качестве примера рассмотрим расчет тягового усилия при протаскивании трубопровода через реку Печора

(рис. 10).

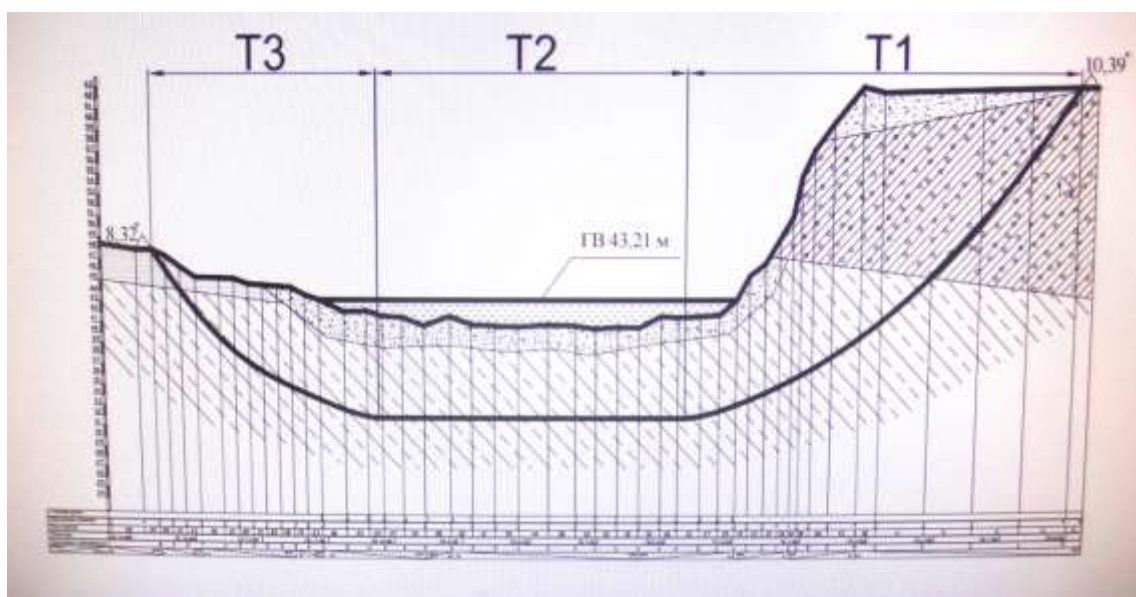


Рисунок 10 – Пример подводного перехода через реку Печора Т1 – первый расчетный участок; Т2 – второй расчетный участок; Т3 – третий расчетный участок.

Характеристики перехода через реку Печора представлены в таблице 10 [23].

Таблица 10

Характеристика скважины реки Печора

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Ширина зеркала воды	B_0	630 м
Ширина русла между береговыми кромками	B_1	652 м
Высотные отметки м (мБС); – левый берег, – дно, – правый берег		63 м 41 м 50 м
Прогнозируемые величины отступления береговых склонов: – левого, – правого	ΔB_{p1} ΔB_{p2}	2 м 1 м
Запас к прогнозируемому значению отступления левого берега	ΔB_{z1}	0,4 м
Запас к прогнозируемому значению отступления правого берега	ΔB_{z2}	0,1 м
Заложения откосов береговых склонов: – левого, – правого	m_1 m_2	0,12 0,034
Прогнозируемая глубина размыва дна	Δh_p	1 м

Запас к прогнозируемой глубине размыва min	Δh_3	2,84 м
Ширина проектного профиля размыва по верху	B_n	634 м
Ширина проектного профиля размыва по низу	b_n	619 м
Радиус кривой искусственного изгиба трубопровода	R_k	1700 м
Нижняя точка оси скважины мБС	HT_c	32,06 м
Диаметр скважины	D_c	1,8 м
Угол входа	a_4	8,32°
Угол выхода	a_1	10,39°
Участки		
1 – первый криволинейный,	$l_{\text{вход}}$	247,5 м
2 – прямолинейный,	$l_{\text{гор}}$	450 м
3 – второй криволинейный	$l_{\text{выход}}$	325,2 м
Длина скважины по оси	S	1023 м

Первый участок профиля длиной L_1 представляет собой криволинейный участок входа трубопровода в скважину. На подводном переходе через реку Печора данный расчётный участок является криволинейным участком профиля с радиусом искривления $R = 1700$ м, представленным на рисунке 10. Тяговое усилие на I участке T_1 , Н,

$$T_1 = [(1 - f^2) \times (A \times \cos a_{\text{вх}} - \cos a_{\text{вых}}) + 2 \times F \times (A \times \sin a_{\text{вх}} - \sin a_{\text{вых}})] \times G + \frac{R \times \tau}{F} \times (1 - A), \quad (13),$$

где f – коэффициент трения трубопровода и буровых труб в скважине, $f = 0,5$;

A – промежуточная величина;

$$A = e^{F \times (\sin \alpha_{\text{вых}} - \sin \alpha_{\text{вх}})} \quad (14),$$

где $F_{\text{б.к.}}$ – сила прижатия трубопровода к стенкам скважины, безразмерная величина;

$$F_{\text{б.к.}} = f \times \sin(g_{\text{т.и}} \times \cos \alpha_{\text{вх}}),$$

где $\alpha_{\text{вх}}$ – угол входа трубы, град, $\alpha_{\text{вх}} = 10,4^\circ$;

$$F_{\text{б.к.}} = 0,5 \times \sin \times (7934 \times 0,989) = 0.489$$

$\alpha_{\text{вых}}$ – угол выхода трубы, град, $\alpha_{\text{вых}} = 0^\circ$;

$$A = e^{0.46(\sin 0 - \sin 11)} = 1.07$$

G – коэффициент, учитывающий влияние изгиба, Н;

$$G = \frac{R \times g_{\text{т.и.}}}{f^2 + 1},$$

R – радиус искривления оси трубопровода, м, $R = 1700$ м.

$$G = \frac{1700 \times 7934}{0.5 + 1} = 10815324 \text{ Н}$$

					Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$T_1 = [(1 - 0,5^2) \times (1,07 \times \cos 11 - \cos a_0) + 2 \times 0,469 \times (1,07 \times \sin 11 - \sin 0)] \times 10815324 + \frac{1700 \times 448}{0,469} \times (1 - 1,07) = 869908 \text{ Н}$$

Второй расчётный участок представляет собой прямолинейный участок. Тяговое усилие на II участке T_2 определяется по формуле

$$T_2 = T_1 + (f \times |g_{\text{Т.И.}}| \times \cos a_{\text{ВЫХ}} - g_{\text{Т.И.}} \times \sin a_{\text{ВЫХ}} + \tau) \times L_2, \quad (15);$$

где L_2 – длина второго участка, м, $L_2 = 450$ м.

$$T_2 = 869908 + (0,5 \times |7934| \times \cos 0 - 7934 \times \sin 0 + 448) \times 450 = 2856604 \text{ Н}$$

Третий расчетный участок представляет собой криволинейный участок длиной L_3 . На подводном переходе через реку Печора данный участок профиля имеет радиус искривления $R=1700$ м. Тяговое усилие на III участке T_3 , Н:

$$T_3 = T_2 A + ((1 - f^2) \times (A \times \cos a_{\text{ВХ}} - \cos a_{\text{ВЫХ}}) + 2 \times F_{\text{БК}} \times (A \times \sin a_{\text{ВХ}} - \sin a_{\text{ВЫХ}})) \times G + \frac{R \times \tau \times (1 - A)}{F} \quad (16)$$

где $a_{\text{ВЫХ}}$ – угол выхода трубы, град, $a_{\text{ВЫХ}} = 8,3^\circ$;

$F_{\text{БК}}$ – сила прижатия трубопровода к стенкам скважины;

$$F_{\text{БК}} = f \times \sin \times \left(-\frac{T_2}{R} + g_{\text{Т.И.}} \times \cos a_{\text{ВХ}} \right)$$

$$F_{\text{БК}} = 0,5 \times \sin \times \left(-\frac{2856604}{1700} + 7934 \times \cos 8,3 \right) = 0,339$$

A – промежуточная величина;

$$A = e^{F(\sin a_{\text{ВЫХ}} - \sin a_{\text{ВХ}})}$$

$$A = 2,7^{0,339(\sin 8,3 - \sin 0)} = 0,95$$

$$T_3 = 2856604 \times 0,95$$

$$+ ((1 - 0,5^2) \times (0,95 \times \cos 0 - \cos -8,3) + 2 \times 0,339$$

$$\times (0,95 \times \sin 0 - \sin -8,3)) \times 10815324 + \frac{1700 \times 448 \times (1 - 0,95)}{0,339}$$

$$= 3888020 \text{ Н}.$$

Таким образом, в конечный момент движения (при неработающем расширителе) необходимо развить усилие на буровой установке $T_p = 396 \text{ т}$ [23].

Найденное усилие T_3 является наибольшим по величине и по нему подбирается требуемая буровая установка [3].

Исходя из данного расчета, для бурения участка подводного перехода через реку

					Типовой расчет тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Печора наиболее оптимальным из представленного в таблице 5 списка буровых установок является буровая установка Vermeer (США) D150 × 300 с максимальным тяговым усилием 450 т.

3.3 Экономический аспект при строительстве подводных переходов методом ННБ

Стоимость строительства переходов определяется в зависимости от длины перехода, диаметра трубопровода, инженерно-геологических и гидрологических условий. По данным американских специалистов, стоимость прокладки трубопровода методом ННБ через реки длиной 250 – 750 м составляет от 150 до 2500 \$ за метр, а при длине 750 – 1500 м – от 300 до 4000 \$ за метр. В США стоимость прокладки труб методом ННБ через большие реки значительно меньше, чем траншейным способом. Наоборот, для средних и малых рек затраты на бурение соизмеримы или выше затрат на прокладку труб в траншее.

По данным зарубежных фирм, себестоимость строительства объектов методом ННБ несколько ниже, чем бестраншейный метод микротоннелирования (рис.11) [20].

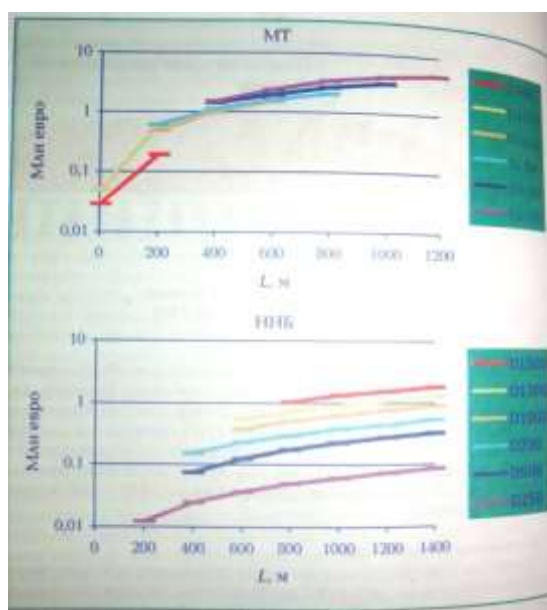


Рисунок 11 – Сравнение затрат на строительство переходов в зависимости от длины и диаметра трубопровода [14]

Микротоннелирование (МТ) – щитовая проходка пород с укреплением стенок тоннеля особо прочными и долговечными железобетонными трубами, которые продавливаются из стартовой шахты мощной пресс-рамой, оборудованной домкратами, вслед за продвигающимся в породах проходческим щитом (рис. 12) [14].

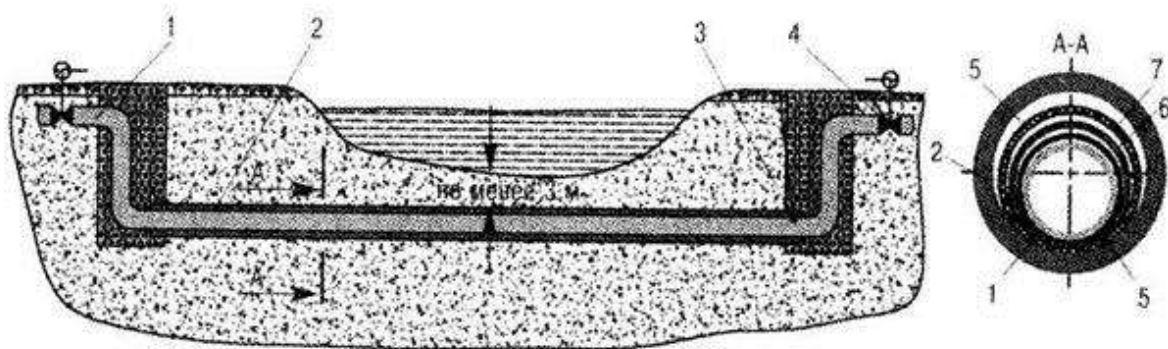


Рисунок 12 – Конструкция подводного перехода трубопровода по методу микротоннелирования: 1 – трубопровод; 2 – тоннель; 3 – датчик изменения давления; 4 – крановый узел; 5 – полиэтиленовая труба; 6 – стальная труба; 7 – пространство, заполненное инертным газом

По расчетам АОЗТ «ПИРС» (г. Омск) сравнительная стоимость строительства перехода через р. Обь для траншейного способа, ННБ и МТ представляет собой соотношение 1 : 0,8 : 1,2. По расчетам «ГИПРОСпецгаз» (г. Санкт-Петербург), стоимость прокладки трубопроводов через реки в 1,3 раза дешевле, чем для траншейного способа.

Но следует учитывать, что затраты на сооружение однотипных сопоставимых переходов могут отличаться в несколько раз из-за возникновения различных осложнений.

На примере АНК «Башнефть» также можно отметить, что затраты на сооружение переходов промысловых трубопроводов методом ННБ с применением отечественных буровых установок сопоставимы или дешевле траншейных способов прокладки [20].

Что касается продолжительности строительства переходов, то по суммарной продолжительности производства работ явное преимущество имеет метод ННБ. Например, для сопоставимых строительных объектов со средним диаметром проходки и длиной до 1000 м продолжительность подготовительных работ составляет, примерно, для ННБ – одну неделю, для МТ – несколько недель, а процесс бурения и протаскивания трубопровода для ННБ – 3 – 6 недель, для МТ – 4 – 9 недель [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе работы были:

1. Определены понятия подводного перехода и классификация подводного перехода по группам сложности. В зависимости от ширины водного объекта подводные переходы классифицируются на малые, средние и большие переходы.
2. Обоснована перспективность метода наклонно-направленного бурения при строительстве подводных переходов по сравнению с траншейным методом. К преимуществам метода ННБ относятся: возможность строительства в любое время года, малая продолжительность строительства, уменьшение затрат на эксплуатацию перехода и др. Несмотря на преимущества данный метод имеет также и ряд ограничений: затруднение в бурении при неблагоприятных условиях почвы, применение дорогостоящих импортных бентонитов и полимерных добавок и т.д.
3. Рассмотрена технология сооружения трубопровода методом ННБ, суть которой состоит в том, что по створу перехода под руслом реки пробуривается скважина, по которой с берега на берег протаскивается трубопровод.
Технологическая схема ННБ при строительстве перехода включает 4 последовательных этапа:
 - бурение пилотной скважины;
 - расширение скважины вперед и назад;
 - калибровка скважины;
 - протаскивание дюкера ходом назад.
4. Рассмотрен состав бурового раствора (бентонита) – каменной породы, состоящей из глинистых материалов, который определяется конкретно для каждой технологической операции: бурения пилотной скважины, расширения скважины, пропуска калибра, протаскивания трубопровода. Одновременно определяется расход компонентов и объемы бурового раствора с учетом частичного его поглощения и регенерации.
5. Рассмотрен комплект оборудования для ННБ, включающий в себя: буровой

					<i>Технология сооружения подводного перехода методом наклонно–направленного бурения</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Саваленко Р.А.			Результаты исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					93	2
Консульт						ТПУ гр. 3–2Т00		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.						

станок, буровой насос, энергоблок, блок управления, систему приготовления и регенерации бурового раствора, буровую колонну, забойный инструмент, толкатель трубы и оборудование системы навигации.

6. Приведен анализ возможных ситуаций при осложнениях, вызванных геологическими условиями или применением неправильно подобранных технических средств и технологий. К возможным осложнениям относятся поглощение промывочной жидкости, обвалы стенок скважин, сужение ствола скважины, желобообразование, образование сальников и др.
7. Протаскивание трубопровода осуществляется втягиванием колоны буровых штанг «на себя» до выхода оголовка трубопровода на поверхность в точке забуривания у буровой установки. Перед протаскиванием трубопровода должен быть выполнен комплекс подготовительных работ. Трубопровод должен быть сварен, испытан, заизолирован и уложен на роликовые опоры. К переднему концу рабочей плети приваривается заглушка с серьгой, которая воспринимает тяговое усилие.
8. Проведен расчет тяговой силы, требуемой для укладки трубы, которая определяется посредством суммирования индивидуальных сил, требуемых для протаскивания трубы по каждому прямолинейному и криволинейному участку профиля скважины. Проведен подбор соответствующей техники.
9. Проведен технико-экономический анализ стоимости строительства подводного перехода, который определяется в зависимости от длины перехода, диаметра трубопровода, инженерно-геологических и гидрологических условий. При сравнении метода ННБ с традиционным траншейным методом сделан вывод, что метод ННБ является экономически выгодней. Стоимость строительства подводного перехода методом ННБ в 3 – 4 раза ниже стоимости строительства перехода траншейным методом. Помимо экономической выгоды, метод ННБ имеет преимущество перед траншейным методом по продолжительности строительства. Строительство подводного перехода методом ННБ занимает всего 1 месяц, а при траншейном методе – 4,5 месяца.
10. Выявлены мероприятия по охране труда и защите окружающей среды. При строительстве подводного перехода методом ННБ воздействия на окружающую среду оказывают как производственные процессы, так и объекты постоянного и временного назначения. Строительство подводного перехода сопровождается повреждением почвенно-растительного грунта, загрязнением поверхностных и подземных вод, загрязнением атмосферы и литосферы.

					Результаты исследования	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью выпускной квалификационной работы являлось подробное ознакомление с технологическим процессом строительства подводных переходов методом наклонно-направленного бурения.

В зависимости от ширины водного объекта подводные переходы классифицируются по группам сложности. Выделяют малые, средние и большие переходы.

При сооружении подводных переходов следует учитывать ряд инженерных изысканий: геодезические, гидрографические и гидрологические изыскания, геологические изыскания, гидрогеологические и гидрометеорологические изыскания, экологические изыскания, а также оценку магнитного фонового состояния.

Строительство подводных переходов методом ННБ имеет как ряд преимуществ, так и ряд недостатков.

К преимуществам относятся такие, как: возможность прокладки трубопроводов ниже прогнозируемых русловых деформаций, которая надежно защищает трубопровод от любым механических повреждений; благодаря методу ННБ отсутствует необходимость дноуглубительных, подводно-технических, водолазных и берегоукрепительных работ при строительстве переходов через водные препятствия, составляющих более 50% стоимости перехода; отсутствует необходимость в взрывных работах по рыхлению плотных грунтов для последующего рытья подводной траншеи; уменьшение затрат на эксплуатацию перехода и др.

В качестве недостатков строительства подводных переходов данным методом особое затруднение вызывает бурение в гравийных грунтах (гравия более 30%), в грунтах типа плавунцов, в грунтах с включением валунов и булыжников; отсутствие глинопорошков отечественных марок для приготовления бурового раствора и, как следствие, применение дорогостоящих импортных бетонитов и полимерных добавок.

Во время исследования были рассмотрены также основные этапы при строительстве подводных переходов методом ННБ:

- бурение пилотной скважины;
- расширение скважины вперед или назад;

					Технология сооружения подводного перехода методом наклонно–направленного бурения					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Саваленко Р.А.								
Руковод.		Шадрина А.В.							95	2
Консульт								ТПУ гр. 3–2Т00		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.								

- калибровка скважины;
- протаскивание дюкера ходом назад.

Большую роль в строительстве подводных переходов играют также и характеристики используемого бурового раствора. Выбор оборудования играет также не маловажную роль при наклонно–направленном бурении подводных переходов.

Одной из основных задач данного исследования был анализ типового расчета тяговой нагрузки при протаскивании трубопровода. Следует отметить, что на разных участках строительства подводного перехода тяговая нагрузка различна. В ходе исследования были проанализированы системы расчета тягового усилия на каждом из заданных участках строительства подводного перехода, а также подробно рассмотрен расчет тягового усилия при протаскивании трубопровода на примере реки Печора.

Подводя итог, следует сказать, что при сравнении с траншейным методом и другими бестраншейными, метод ННБ является экономически эффективным методом при строительстве подводных переходов как по затратам, так и по продолжительности строительства.

Также и в социальном аспекте данный метод привлекателен тем, что минимизировано негативное влияние на условия проживания людей в зоне проведения работ, а также существенно снижено техногенное воздействие на флору и фауну.

					Заключение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Благоев О.Н., Васильев Г.Г. и др. Сооружение подводных переходов газонефтепроводов методом наклонно-направленного бурения. – М.: Лори, 2003. – 318 с.
2. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы. – М.: ООО «Издательство «Энерджи Пресс», 2011. – 480 с.
3. Быков Л.И., Мустафин Ф.М., Рафиков С.К., Нечваль А.М., Лаврентьев А.Е. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов: Учеб. Пособие. – Санкт – Петербург: Недра, 2006. – 824 с.
4. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
5. Горячкин П.В. Нормы и расценки на новые технологии в строительстве. – М.: 2004. – 432 с.
6. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
7. ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
8. ГОСТ 12.3.002–75 Процессы производственные. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
11. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
12. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
13. Забела К.А., Красков В.А., Москвич В.М., Сощенко А.Е. Безопасность пересечений трубопроводами водных преград. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 195 с.
14. Забродин Ю.Н. Строительство магистральных трубопроводов: технологии,

					<i>Технология сооружения подводного перехода методом наклонно-направленного бурения</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Саваленко Р.А.			<i>Список использованных источников</i>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					97	3
Консульт						<i>ТПУ гр. 3–2Т00</i>		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.						

- организация, управление: справ.пособие / Ю.Н. Забродин, В.В. Курочкин, В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2013. – 989 с.
15. Закожурников Ю.А. Транспортировка нефти, нефтепродуктов и газа. – Волгоград: Ин-Фолио, 2010. – 432 с.
 16. Иванов В.А., Кузьмин С.В. и др. Сооружение подводных переходов магистральных трубопроводов: Курс лекций. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – 217 с.
 17. Иванова Е.А. Особенности применения SWOT-анализа в маркетинговой деятельности российских предприятий // Научный вестник УрАГС № (16). – Екатеринбург, 2009. – 12 с.
 18. Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Васильев Г.Г., Лаврентьев А.Е. и др. – Технология сооружения газонефтепроводов. Под ред. Васильева Г.Г. Т.1. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 632 с.
 19. ОТТ–16.01–60.30.00–КТН–002–1–05 Переходы магистральных нефтепроводов через водные преграды. Общие технические требования к проектированию, ОАО «Транснефть», Москва. – 2005
 20. Промысловые трубопроводы и оборудование / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. – М.:Недра, 2004. – 662 с.
 21. РД 102–011–89. Охрана труда. Организационно-методические документы.
 22. РД 153–39.4–074–01 Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на подводных переходах магистральных нефтетрубопроводов.
 23. Сальников А.В. Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна / А.В. Сальников, В.П. Зорин, Р.В. Агиней. – Ухта: УГТУ, 2008. – 108 с.
 24. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
 25. Свод правил СП 108–34–97 Сооружение подводных переходов; РАО «Газпром», Москва. – 1998
 26. Свод правил СП 111–34–96 Очистка полости и испытание газопроводов; РАО «Газпром», Москва. –1996
 27. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
 28. СНиП 12–03–2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
 29. СНиП 12–04–2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

					Список использованных источников	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

30. СНиП 2.05.06–85*. Магистральные трубопроводы.
31. Справочник мастера строительно-монтажных работ: Сооружение и ремонт нефтегазовых объектов / под ред. Иванова В.А. – М.: Инфра-Инженерия, 2007. – 832 с.
32. Тетельмин В.В., Язев В.А. Магистральные нефтегазопроводы. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
33. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
34. Шаммазов А.М., Мугаллимов Ф.М., Нефедова М.Ф. Подводные переходы магистральных нефтепроводов. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 237 с.