



Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 2. P. 61–68.

11. Tolmachyov V. V., Troitskiy G. M., Khomenko V. P. Inzhenerno-stroitelnoe osvoenie zakarstovannykh territoriy [Geotechnical reclamation of karst area]. Pod red. E. A. Sorochana. Moscow, Stroyizdat, 1986, 176 p.

© М. М. Уткин, М. В. Уткин, 2022

Получено: 30.03.2022 г.

УДК 622.692.4.053

О. Б. КОНДРАШКИН, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства; **А. А. ОСКИРКО**, ст. преподаватель кафедры технологии строительства; **И. Н. САМИКОВ**, магистрант

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДА С ОСНОВАНИЕМ ИЗ ГРУНТОВЫХ МОДУЛЕЙ И СРЕДСТВ БАЛЛАСТИРОВКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;
эл. почта: anoskirko@yandex.ru

Ключевые слова: магистральные трубопроводы, строительные конструкции линейных объектов, технологии строительства трубопроводов, сложные геологические условия строительства, средства балластировки, предложения по совершенствованию.

Проведен анализ способов прокладки магистральных нефтегазопроводов, современных технологий производства СМР, изучены практические проблемы при строительстве, реконструкции и ремонте линейных объектов нефтегазовой отрасли в условиях слабонесущих и многолетнемерзлых грунтов, подобраны наиболее оптимальные решения по технологии строительства трубопроводов в водонасыщенных и вечномерзлых грунтах с учетом решения возникающих проблем. Результатом проведенного исследования являются разработанные предложения по модернизации строительных конструкций, совершенствованию технологии строительства линейных объектов в осложненных условиях.

В настоящее время ведется активная разработка и освоение месторождений нефти, газа и конденсата, расположенных преимущественно в северных широтах Российской Федерации, относящихся к арктическому и субарктическому климатическим поясам. Изобилие болот, озер и рек в совокупности с высоким уровнем грунтовых вод и сложившимися геокриологическими условиями в указанных поясах является фактором, осложняющим строительство, и требует особого подхода при проектировании и выполнении строительного-монтажных работ.

Магистральные трубопроводы могут достигать протяженности 4–5 тыс. км (например, «Трубопроводная система «Восточная Сибирь – Тихий океан», «Магистральный газопровод «Сила Сибири») и проходить через несколько климатических поясов: преимущественно арктический, субарктический и умеренный.

Помимо арктического климата, северные и восточные районы строительства в нашей стране характеризуются очень сложными геологическими условиями: наличием протяженных участков многолетнемерзлых грунтов, слабонесущих и



пучинистых грунтов, а также слабоизученными геокриологическими явлениями, такими как термокарст, солифлюкция, морозобойное растрескивание и другие. Несмотря на прогрессивное развитие инженерной геокриологии, вопрос повышения эффективности процессов проектирования и строительства зданий и сооружений в таких условиях остается научно актуальным.

Проблемные вопросы повышения надежности работы линейных объектов нефтегазовой отрасли регулярно требуют от проектировщиков разработки новых и совершенствования имеющихся технологий строительства. В связи с этим проведенное исследование, направленное на повышение эксплуатационной надежности и экологической безопасности путем совершенствования технологии строительства трубопроводов в заданных условиях, является не только актуальным с научной точки зрения, но и ценным с практической стороны.

Целью данного исследования является разработка предложений по совершенствованию способов и методов выполнения строительно-монтажных работ линейной части нефтегазопроводов в условиях водонасыщенных и вечномерзлых грунтов, а также модернизации строительных конструкций.

В рамках поставленной цели решается комплекс теоретических и практических задач: анализ и определение наиболее проблемных вопросов, а также поиск определенных технологических этапов либо строительных конструкций, совершенствование которых позволит обеспечить повышение надежности и снижение отказов в работе трубопроводов нефтегазовой отрасли.

В настоящее время действующими нормативно-техническими документами [1, 2, 3] не подразделены средства закрепления трубопроводов на проектных отметках и не установлены определенные критерии их подбора, поэтому в работе рассмотрены и классифицированы современные балластирующие устройства.

Практические проблемы, встречающиеся при строительстве, реконструкции и ремонте линейных объектов нефтегазовой отрасли в условиях слабонесущих и многолетнемерзлых грунтов, исследуются путем сбора, изучения и анализа данных, полученных при обследовании трех объектов строительства, расположенных в Республике Коми на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в Печоро-Колвинской нефтегазоносной области (территории Усинского, Харьягинского, Возейского, Ярейюского, Лаявожского, Инзырейского месторождений):

1. Техническое перевооружение объекта: «Газопровод «Харьяга – КС Головные» (краткую характеристику см. табл. 1).
2. Обустройство. Линейные трубопроводы. Нефтегазосборные трубопроводы. Район Р2. т. вр. к. 5014 – т. вр. к. 5016 УПН «УСА» (2 нитка) (краткую характеристику см. табл. 2).
3. Нефтепровод от куста № 2 до точки врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую» (краткую характеристику см. табл. 3).



Таблица 1

**Краткая характеристика объекта
«Газопровод «Харьяга – КС Головные»**

Характеристика	Показатель
1. Тип трубопровода	газопровод
2. Общая протяженность трубопровода по паспорту	139044 м
3. Труба, мм	Ø720×10,0
4. Марка стали	Сталь 17ГС ГОСТ 20295-74
5. Протяженность участков, попадающих под техническое перевооружение трубопровода по паспорту / по изысканиям	41750 м / 41800 м
6. Длина участков трубопровода по данным GPSнавигатора	42 003 м
7. Год ввода в эксплуатацию	1980
8. Рабочее давление	0,2 – 1,5 МПа
9. Рабочая температура	+40 °С
10. Категория и класс трубопровода по СП 284.1325800.2016	Категория III Класс IV
11. Характеристика рабочей среды	нефтяной, попутный газ
12. Расположение	подземное
13. Антикоррозионное покрытие	лакокрасочное покрытие, ПЛЛ
14. Проектная организация	«ПечорНИПИнефть»

Таблица 2

**Краткая характеристика объекта «Нефтегазосборные трубопроводы.
Район Р2. т. вр. к. 5014 – т. вр. к. 5016 УПН «УСА» (2 нитка)»**

Характеристика	Показатель
Назначение	Транспорт нефтегазовая эмульсия
Материал	Сталь 20А, К48
Протяженность	5 256 м
Диаметр	377,0 x 10,0 мм
Давление (номинальное)	МПа 4,0
Срок строительства	8 месяцев
Переходы через водотоки	2 перехода: – ручей б/н № 2 (ширина 1,34 м, надземно); – река Колва (ширина 259,60 м, ННБ)



Таблица 3

**Краткая характеристика объекта «Нефтепровод от куста № 2 до точки
врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую»**

Характеристика	Показатель
1. Тип трубопровода	нефтепровод
2. Общая протяженность трубопровода	11 696 м
3. Труба, мм	Ø114×8,0
4. Марка стали	20А (К48)
5. Рабочее давление	2,2 МПа
6. Характеристика рабочей среды	нефтяная эмульсия
7. Расположение	надземное
8. Антикоррозионное покрытие	лакокрасочное покрытие, ПЛЛ
9. Проектная организация	ООО «НИПИ нефти и газа УГТУ»

По результатам анализа проектной и рабочей документации, изучения технологии строительства и проведенного обследования объектов сделаны следующие выводы:

1. При выполнении строительно-монтажных работ на объекте «Техническое перевооружение объекта: Газопровод «Харьяга – КС Головные» в ходе установки ПКБУ наблюдалось, что после их засыпки и обводнения траншеи выше верха пригрузов пригружающая способность значительно снижается, а грунт, находящийся внутри балластирующих устройств, практически переходит во взвешенное состояние, отметка верха трубопровода увеличивается. После откачки грунта из траншеи пригружающая способность восстанавливалась, трубопровод возвращался на проектные отметки. Из описанных наблюдений следует, что для обеспечения сохранения нагрузок ПКБУ на трубопровод необходимо максимально обеспечить их герметичность. Достичь герметичности контейнеров возможно путем применения в конструкции водонепроницаемых полотен и дополнения конструкции полотном, покрывающим ПКБУ.

2. На участках сквозных и несквозных таликов, залегающих на криогенных водоупорах, выполнение выравнивающего слоя мягким грунтом в условиях повышения уровня воды в траншее затруднительно и не позволяет покрыть все выступающие части основания. Требуется применение водонепроницаемых грунтовых модулей с подложкой из бентонитовых матов. Устройство основания траншеи в виде подсыпки из минерального грунта под нефтегазопроводы с применением грунтовых модулей и без, а также теплоизоляционных матов в совокупности с термодинамическим анализом и тепловым регулированием перекачиваемого продукта позволит ограничить ореолы оттаивания и тем самым сохранить мерзлоту в ее естественном состоянии [4].

3. При проектировании объекта «Нефтепровод от куста № 2 до точки врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую» принят надземный способ прокладки. Мероприятия по термической стабилизации грунтов сезонными охлаждающими устройствами не предусмотрены. Вместе с этим на участках миграции животных применяется наземный способ прокладки с учетом насыпи 1,4 м выше верхней образующей защитного кожуха и устройством теплоизоляционных экранов. При этом в соответствии с проектом организации строительства доставка песчаного грунта для строительства временных дорог предусмотрена из



карьера «Яйгорью-2» расположенного на расстоянии 16 км от места производства работ. Наземный способ прокладки в насыпи в данном случае наиболее рационален.

Во-первых, темпы производства работ значительно увеличиваются за счет отсутствия необходимости устройства свайных оснований и монтажа металлоконструкций эстакады. Комплекс работ мог состоять из следующих работ основного периода: сварка трубопроводов в плетень, устройство основания трубопровода из теплоизоляционных плит, укладка нефтепровода и высоконапорного водовода, устройство насыпи высотой над группой трубопроводов.

Во-вторых, стоимость устройства свайных оснований и металлоконструкций эстакады несопоставима со стоимостью привозного минерального грунта и теплоизоляционных матов.

В-третьих, на обводненных участках имеется риск коррозии свайных оснований, находящихся выше отметки уровня земли [5]. Для защиты трубопроводов на обводненных участках возможно применение грунтовых модулей по обе стороны трубопровода на высоту насыпи, также возможно применение рулонных гидроизоляционных материалов, в т. ч. бентонитовых матов.

В-четвертых, в случае устройства свайных оснований при производстве работ нарушается мохорастительный слой и структура вечномёрзлого грунта, что может привести к процессу оттаивания. При наземной прокладке мерзлотный грунт и мохорастительный слой остаются нетронутыми.

4. Можно выделить несколько предложений по совершенствованию строительных конструкций и технологии строительства линейных объектов в заданных осложненных условиях. Один из вариантов – это применение комбинированных многослойных полотен в качестве материала для ПКБУ.

В настоящее время при производстве полимерно-контейнерных балластирующих устройств используется техническая ткань марки ТБГ-360. Такая ткань обладает высокой прочностью, химической и микробиологической стойкостью, что обеспечивает долгий срок службы изготовленной из нее продукции в различных грунтовых условиях, в том числе на болотах. Изготавливается из высокопрочных технических полиамидных, полиэфирных и полипропиленовых нитей и обладает разрывной нагрузкой от 33 до 100 кН.

На базе предприятия ООО «БентИзол» проведен эксперимент по проверке характеристик рулонного материала, состоящего из нетканого синтетического материала, глиняной крошки и армирующего слоя из тканого геотекстиля, т. н. бентонитовые маты.

В ходе эксперимента проверены:

1) гидроизоляционные свойства: закрепленное на специальном металлическом каркасе трехслойное полотно было наполнено водой объемом 30 л. (рис. 1). По прошествии 12 часов визуальным и осязательным методами проверено наличие влаги на внешней стороне изготовленной емкости – следы фильтрации воды не выявлены;

2) свойства восстановления после механических повреждений: без опорожнения емкости, сквозь полотно пропущены спицы на половину длины (рис. 2). В ходе визуальных наблюдений выход жидкости отсутствовал. После извлечения спиц наблюдались кратковременные струи жидкости из образованных отверстий, переходящие через несколько секунд в выход капель с последующим абсолютным прекращением выхода воды сквозь полотно (рис. 3).



Рис. 1. Заполненное водой бентонитовое полотно на металлическом каркасе



Рис. 2. Пропущенные спицы сквозь дно заполненной водой емкости и бентонитового полотна



Рис. 3. Место образованного спицей отверстия после самовосстановления полотна

Вторым вариантом совершенствования технологии строительства линейных объектов является использование наземного способа прокладки с применением грунтовых модулей и многослойных полотен с глиняной крошкой.

Грунтовые модули предназначены для сооружения искусственных траншей трубопроводов диаметром ≤ 1420 , уложенных на дневную поверхность земли, оснований грунтовых насыпей дорог, общепланировочных насыпей и др. Конструкция кондуктора для установки, а также геомодуля представлены на рис. 4.

При строительстве искусственных траншей грунтовые модули устанавливаются по обе стороны от трубопровода наземной прокладки, что препятствует разрушению грунтовой обсыпки.

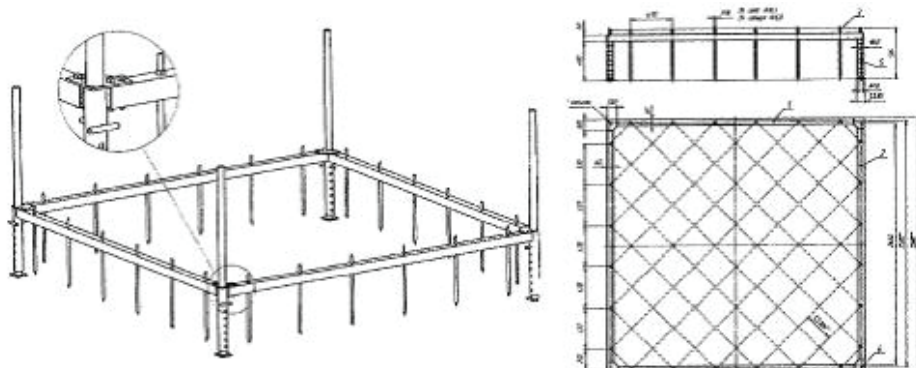


Рис. 4. Конструкция кондуктора для грунтовых модулей

Грунтовые модули изготавливаются из ленты технической ткани расчетной ширины с различными размерами ячеек, меняя которые добиваются требуемой несущей способности грунтового основания с учетом динамических нагрузок. В настоящее время технические ткани, применяемые в конструкции, не обладают водонепроницаемостью. При эксплуатации грунт постепенно насыщается поверхностными грунтовыми и талыми водами с последующим их замерзанием и оттаиванием.

Применение грунтовых модулей при устройстве основания трубопровода в мерзлых грунтах также может быть вариантом совершенствования технологии строительства линейных объектов.

Теплоизоляция подземных трубопроводов с помощью экранов используется для устранения морозного пучения грунтов при транспортировке продукта с отрицательной температурой либо возможности протаивания и осадки мерзлых грунтов основания при транспортировке горячих продуктов.

Теплоизоляционные экраны могут быть изготовлены из пенополиуретановых или пенополистирольных плит. Наиболее оптимальным вариантом является экструдированный полистирол, который обладает высокими теплоизоляционными характеристиками. Для защиты теплоизоляционного материала от влаги выполняется покрытие битумами, мастиками, лентами и пленками.

В зависимости от особенностей состава мерзлых грунтов основания (например, льдистость), диаметра трубопровода и температуры транспортируемого продукта плиты можно укладывать либо только под трубу, либо под трубу и по боковым стенкам траншеи.

Таким образом, применение в конструкции насыпей и траншей, а также средств балластировки рассмотренных многослойных материалов позволяет усовершенствовать имеющиеся технологии. В случае применения данного материала в составе ПКБУ требуется обеспечить необходимый показатель разрывной нагрузки.

Полученные в ходе работы данные дают возможность подбора наиболее оптимальных решений по технологии строительства линейных нефтегазопроводов в водонасыщенных и вечномёрзлых грунтах с учетом решения проблем, встречающихся на практике.

Итогом работы является разработка предложений по модернизации строительных конструкций, совершенствованию технологии строительства линейных объектов в заданных осложненных условиях.



Использование современных технологий при строительстве позволит значительно повысить надежность эксплуатации нефтегазопроводов, а также обеспечить высокий уровень экологической защищенности окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы : свод правил : актуализированная редакция СНиП III-42-80*: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 14 февраля 2014 г. № 61/пр : дата введения 01 июня 2014 г. – Москва : Минстрой России, 2014. – 227 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 30 декабря 2020 г. № 915/пр : дата введения 01 июля 2021 г. – Москва : Минстрой России, 2020. – 123 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 21.101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2020 г. № 282-ст : дата введения 2021-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 70 с.– Текст : непосредственный.
4. Дерцакян, А. К. Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах / А. К. Дерцакян, Н. П. Васильев. – Москва : Недра, 1978. – 167 с. – Текст : непосредственный.
5. Димов, Л. А. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности / Л. А. Димов, Е. М. Богушевская. – Москва : Горная книга, 2010. – 392 с. – ISBN 978-5-98672-182-8. – Текст : непосредственный.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction technology; OSKIRKO Anastasiya Alekseevna, senior teacher of the chair of construction technology; SAMIKOV Ihsat Naelevich, undergraduate student

IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF A PIPELINE WITH A BASE OF GROUND MODULES AND BALLASTING FACILITIES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: anoskirko@yandex.ru

Key words: main pipelines, building structures of linear facilities, pipeline construction technologies, complex geological conditions of construction, ballasting facilities, proposals for improvement.

The article analyzes methods of laying oil and gas pipelines, modern technologies of construction and installation works, studies practical problems in the construction, reconstruction and repair of linear facilities in the oil and gas industry in conditions of weakly bearing and permafrost soils, selects the most optimal technologies of building pipelines in water-saturated and permafrost soils taking into account emerging problems. The result of the study is the development of proposals for the modernization of building structures, improvement of the technology of construction of linear facilities in complicated conditions.



REFERENCES

1. SP 86.13330.2014. Magistralnye truboprovody [Main pipelines] : svod pravil : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp III-42-80* : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (MinstroyRossii) ot 14 fevralya 2014 g. № 61/pr : data vvedeniya 01 iyunya 2014 g. – Moscow: Minstroy Rossii. 2014, 227 p.
2. SP 25.13330.2020. Osnovaniya i fundamente na vechnomyorzlykh gruntakh [Bases and foundations on permafrost soils]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.04-88 : svod pravil : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (MinstroyRossii) ot 30 dekabrya 2020 g. № 915/pr : data vvedeniya 01 iyulya 2021 g. – Moscow: Minstroy Rossii. 2020, 123 p.
3. GOST R 21.101-2020. Sistema proektnoy dokumentatsii dlya stroitelstva. Osnovnye trebovaniya k proektnoy i rabochey dokumentatsii [System of design documents for construction. Basic requirements for design and working documentation] : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Federal. agent-va po tekhnich. regulirovaniyu i metrologii ot 23 iyunya 2020 g. № 282-st : data vved. 2021-01-01. Moscow, Standartinform, 2020, 70 p.
4. Dertsakyan A. K., Vasilev N. P. Stroitelstvo truboprovodov na bolotakh i mnogoletnyorzlykh gruntakh [Construction of pipelines in swamps and permafrost soils] Moscow: Nedra, 1978, 167 p.
5. Dimov L. A., Bogushevskaya E. M. Magistralnye truboprovody v usloviyakh bolot i obvodnyonnoy mestnosti [Main pipelines in the conditions of swamps and flooded areas]. Moscow: Gornaya kniga, 2010, 392 p.

© **О. Б. Кондрашкин, А. А. Оскирко, И. Н. Самиков, 2022**

Получено: 20.06.2022 г.