

УДК 624.139:625:553.98

ТРУБОПРОВОДНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Иванов В.А., Соколов С.М., Огудова Е.В.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: ivanov_v_a@list.ru

Настоящая статья посвящена вопросу сооружения временных и постоянных дорог при обустройстве нефтяных и газовых месторождений и при ликвидации аварий на магистральных трубопроводах. Приведены технико-экономические показатели различных видов временных дорожных покрытий и их классификация по капитальности и назначению. Была установлена динамика и структура грузооборота промышленных дорог на примере месторождений Западной Сибири. Было показано влияние степени развития сети подъездных дорог на показатели надежности объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа. Даны рекомендации по повышению ремонтпригодности трубопроводов, а также по увеличению срока службы и уменьшению стоимости сооружения дорожных покрытий посредством применения геосинтетических материалов совместно с местными материалами. В целях оптимизации процесса сооружения временных дорог предлагается поэтапная схема проведения работ.

Ключевые слова: временные дороги, обустройство месторождений, магистральные трубопроводы, ликвидация аварий

CONSTRUCTION OF PIPELINES AND AUTOROADS AS OIL AND GAS FIELD FACILITIES

Ivanov V.A., Sokolov S.M., Ogudova E.V.

Federal Autonomous Budgetary Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: ivanov_v_a@list.ru

This article is dedicated to the issue of temporary and permanent road construction while constructing oil and gas field facilities and while trunkline accident response. Technical-and-economic indices of various temporary roads and their classification by stability and purpose were described. The dynamics and the structure of field road supply turnover were determined by the example of West-Siberian fields. The impact of road network development on trunkline reliability indexes was shown. Recommendations on maintainability and service lifetime increase and construction cost decrease by the use of geosynthetics and nearby material were given. Due to optimize temporary road construction process the staged scheme of work performance was recommended.

Keywords: temporary roads, field facilities, trunk lines, accident response

При сооружении линейной части трубопроводов и обустройстве нефтегазовых месторождений в первую очередь решаются вопросы обеспечения проезда строительной и технологической техники. При этом подъезды к трубопроводам и площадным объектам месторождений, как правило, намечаются с учетом существующей сети дорог местного значения. Во многих случаях это требует их реконструкции, усиления мостов и частичной замены других инженерных сооружений.

Состояние вопроса

Обустройство месторождений нефти и газа в необжитых районах тесно связано с трассировкой и строительством новых дорог. Редкая сеть существующих дорог, заболоченность, отсутствие судоходности рек делают большинство таких районов труднодоступными.

При обустройстве месторождений обычно применяется коридорный метод прокладки всех коммуникаций. В транспортном обеспечении месторождений и трубопроводного строительства исклю-

чительное значение имеют зимники, временные дороги и опережающее строительство постоянной сети промышленных дорог. Основным строительным материалом при этом является грунт, объем которого для объектов обустройства месторождений и строительства дорог составляет десятки миллионов кубометров.

Цели и задачи работы

На основе анализа существующих решений по сооружению временных и постоянных дорог при обустройстве газовых и нефтяных месторождений, технико-экономических показателей различных видов временных дорожных покрытий была установлена динамика и структура грузооборота промышленных дорог на примере месторождений Западной Сибири. Показать влияние степени развития сети подъездных дорог на показатели надежности объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа. Дать рекомендации по повышению ремонтпригодности трубопроводов, а также по увеличению срока службы и уменьшению стоимости соору-

жения дорожных покрытий посредством применения геосинтетических материалов совместно с местными материалами.

Результаты исследования и их обсуждение

Опыт обустройства нефтяных месторождений Западной Сибири, таких как Западно-Сургутское, Федоровское, Самотлорское и др., показывает, что в связи с опережающим строительством промышленных трубопроводов прокладка их осуществлялась с зимников и лежневых дорог в основном в зимнее время. Внешняя доставка грузов на трассы трубопроводов осуществлялась по строящимся промышленным дорогам. В ряде случаев прокладка трубопроводов осуществлялась с земляного полотна дорог, сооружаемых гидронамывным способом, примером могут служить Самотлорское, Холмогорское, Муравленковское, Суторминское и ряд других месторождений [1, 2].

Строительство промышленных трубопроводов в едином технологическом коридоре с автодорогами значительно облегчало подвоз труб, оборудования и других грузов. При параллельной прокладке промышленных трубопроводов для распределения грузов вдоль новых трасс в ряде случаев использовались ранее построенные лежневые дороги. Аналогично ведется строительство промысловых газопроводов и автодорог на газовых месторождениях.

В соответствии с нормами временные дороги для трубопроводного строительства подразделяют на вдольтрассовые, подъездные и технологические. Техническая классификация дорог для трубопроводного строительства приведена в табл. 1, а их технико-экономические показатели в табл. 2.

Вдольтрассовые дороги, предусмотренные на период строительства трубопрово-

дов, в процессе эксплуатации используются для осмотра, ревизии и ремонта трубопроводов. Однако строительство вдольтрассовых дорог сопряжено с большими капитальными затратами, трудоемко и значительно увеличивает сроки строительства самих трубопроводов. Протяженность лежневых дорог на трубопроводах Западной Сибири в условиях заболоченности достигает 10–15 % общей длины дорог [2–4].

Конструкции временных вдольтрассовых дорог весьма многообразны по набору материалов для их сооружения. Основные конструктивные решения временных дорог: грунтовые, грунтово-лежневые, снежно-ледово-грунтовые (грунто-снежно-ледовые), в последнее время с использованием в конструкциях современных геосинтетических материалов. Как правило, дорожные одежды временных дорог назначаются низшего типа путем улучшения грунтов верхнего слоя земляного полотна скелетными добавками, щебенистыми и гравелистыми грунтами. С применением геосинтетики, особенно геосеток и объемных ячеистых конструкций, армирование слабых оснований, земляного полотна временных дорог и устройство низших типов дорожных одежд более эффективно.

В труднопроходимых местах, остающихся после окончания строительства, временные дороги при эксплуатации трубопроводов должны улучшаться и переводиться в постоянные круглогодичные действия [5, 6].

В структуре грузооборота при строительстве трубопроводов наиболее высокая доля основного груза, так стальные трубы, для газопроводов составляют 70–80 % общего объема, для нефтепроводов – 85–95 %. Доля грузов балластировки составляет для газопроводов – 10–25 % и для нефтепроводов до 1 %, доля металлоконструкций и оборудования – 4–5 %.

Таблица 1

Техническая характеристика временных дорог для трубопроводного строительства

Расчетная скорость движения, км/час	Расчетная грузо-напряженность, млн т брутто/год	Назначение дорог	Тип транспортных средств	Интенсивность движения, ед./сут.
70	3–10	Подъездные, вдольтрассовые	Автомобильный	1000–3000
50	0,6–3,0	Подъездные, вдольтрассовые	Автомобильный	200–1000
35	0,3–0,6	Подъездные, вдольтрассовые	Автомобильный	до 200
15	до 0,3	Подъездные, технологические	Автомобильный, автотракторный, тракторный	до 200

Таблица 2

Технико-экономические показатели дорог для трубопроводного строительства

Тип дорог и основные типы покрытий	Средняя техническая скорость грузовых автомобилей, км/час	Средняя строительная стоимость, млн руб./км	Ежегодные затраты на ремонт и содержание, млн руб./км	Стоимость перевозки грузов, руб/т. км
1. Бездорожье	5–10	–	–	26–37
2. Автозимники	10–15	0,15–0,4	0,1–0,2	21–30
3. Автозимники <u>улучшенные</u>	20–25	1,4–2,3	0,2–0,3	13–19
4. Грунтовые	15–25	6,5–8,5	0,2–0,4	13–18
5. Грунтовые с покрытием (щебеночное, гравийное)	30–40	12–15	0,6–0,7	7–10
6. Грунтовые с покрытием (сборный железобетон)	50–55	32–75	0,4–0,6	4–6

При освоении нефтяных месторождений применяют две сети промысловых дорог, отличающихся кардинально по капитальности и назначению. Первая сеть дорог обеспечивает транспортными связями крупные промысловые площадки, дожимные и кустовые насосные станции, комплексные сборные пункты, товарные парки, вахтовые поселки, а также обеспечивает внешний выход с месторождений. Данная сеть дорог строится в капитальном исполнении, имеет покрытие из железобетонных дорожных плит, собранных и предварительно напряженных и, в связи с развитием баз стройиндустрии, с покрытием из асфальтобетона.

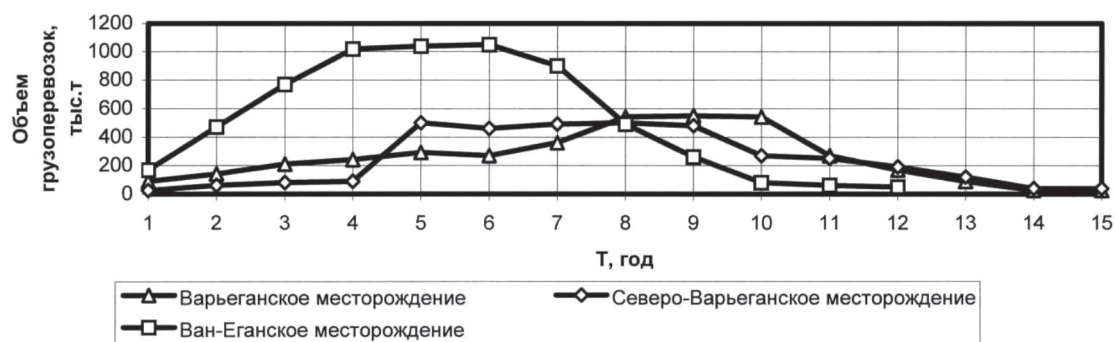
Вторая сеть дорог соединяет площадки кустов и одиночных скважин, подстанций, обеспечивает подъезды к технологическим площадкам, другим объектам второго порядка. Данная сеть дорог строится в грунтово-лежневом и грунтовом исполнении, как правило, с переходным типом дорожной одежды.

Назначение промысловых дорог – обеспечение бурения скважин, обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений. В настоящее время связь с промышленными и административными центрами нефтедобывающих районов, крупными вахтовыми поселками, городами, портами, причалами, железнодорожными станциями, производственными базами осуществляется по дорогам общего пользования.

Дороги нефтяных и газовых промыслов подразделяются на межпромысловые и внутрипромысловые. К межпромысловым относятся дороги, соединяющие между собой отдельные месторождения и промбазы. К внутрипромысловым – дороги, служащие для обеспечения транспортной связью промысловых объектов в пределах одного месторождения.

Минимальный срок службы промысловых дорог ограничивается периодом эксплуатации месторождений, составляющим обычно около 30 лет. Максимальный срок определяется последующей перспективой технико-экономического развития района в целом. Это указывает на то, что промысловые дороги должны относиться к постоянным дорогам капитального типа, минимальный срок службы которых составляет два межремонтных периода, определяемых строительными нормами для капитального ремонта дорог с усовершенствованным капитальным типом покрытий.

Существенной особенностью промысловых дорог является динамика изменения по ним грузоперевозок. Несмотря на различие объектов и динамики их освоения, общими для них является рост грузоперевозок, относительно короткая по сроку стабилизация и, как правило, резкий спад во времени. Основной объем грузоперевозок связан с бурением и обустройством месторождений, который составляет в среднем 5–10 лет. В последующий период эксплуатации месторождения, продолжительность которого достигает 20–25 лет, грузоперевозки определяются профилактическими и ремонтными работами и объемом их от максимального объема в период бурения и обустройства незначителен. Аналогичную динамику грузоперевозок можно отнести и к отдельным промысловым объектам – кусты скважин, комплексные сборные пункты, дожимные и кустовые насосные станции и т.п. Отличием является меньший объем грузоперевозок и более короткий период их завоза, например, на куст скважин – не более года. Интенсивность транспортных средств в период бурения кустовой площадки может достигать 100 авт./сут, в эксплуатационный период интенсивность падает до 8–10 авт./сут. [7–9].



Динамика объема грузоперевозок по месторождениям

Общий объем грузоперевозок по дороге складывается из потребности во времени грузов для различных промышленных объектов. Пример динамики перевозки грузов по промышленным дорогам для ряда месторождений приведен на рисунке.

При обустройстве нефтяных месторождений структура грузооборота в среднем следующая: для мелких месторождений с запасами нефти до 10 млн т объем грузов может составлять 0,5–0,7 млн т/год, для средних месторождений с запасами нефти до 30 млн тонн – в пределах 1,0 млн т/год и для крупных месторождений с запасами нефти 250–300 млн т – 4,5–5,0 млн т/год. При этом потребность в грузах на бурение составляет около 50%, на обустройство приходится 35–40% и на эксплуатацию 10–12% всех грузов. По мере ввода скважин в эксплуатацию доля грузов на эксплуатационный период возрастает [10, 11].

Масштабность перевозок при строительстве магистральных газопроводов хорошо иллюстрируют фактические расстояния, связанные с автомобильными перевозками. Так, например, при строительстве системы газопроводов «Ямал – Центр» и «Ямал-1» сложившиеся расстояния автоперевозок по участкам составили:

Харасавей – Бованенково – 150 км
 КС Байдарацкая – Бованенково – 136 км
 Сеяха – Бованенково – 175 км
 Паюта – Бованенково – 328 км
 Паюта – КС Байдарацкая – 230 км
 Харп – Лабытнанги – 43 км
 Хальмер – КС Ярынская – 140 км
 Лабытнанги – Бованенково – 530 км

Для ликвидации аварий и их последствий, проведения ремонтных работ на магистральных трубопроводах формируются службы с аварийно-восстановительными пунктами (АВП), которые располагаются преимущественно в районах насосных или компрессорных перекачивающих станций. На месторождениях нефтяных и газовых

промыслов ремонтно-восстановительные службы обычно входят в его состав.

При длительной эксплуатации магистральных нефтепроводов возникают аварийные утечки продукта. Аварийные ситуации на нефтепроводах непосредственно связаны со сроками их эксплуатации, в последние годы эти ситуации компенсируются уменьшением загрузки нефтепроводов.

Анализ показывает, что по срокам эксплуатации действующие магистральные нефтепроводы распределяются следующим образом:

- трубопроводы, находящиеся более 30 лет в эксплуатации, составляют 25,3%,
- от 20 до 30 лет – 29,0%,
- от 10 до 20 лет – 33,9%,
- до 10 лет – 11,8%.

При этом почти 45% всех магистральных нефтепроводов приходится на Западную Сибирь. Уровень надежности магистральных газопроводов для районов Западной Сибири составляет 0,25–0,30. Это удовлетворяет требованиям эксплуатации, охраны окружающей среды и надежности системы в целом. Однако при утечках идет потеря определенного количества продукта, в связи с чем необходимо обеспечить возможность ликвидации аварии в кратчайшие сроки [12, 13].

На оценку ремонтнопригодности трубопроводов (интенсивность отказов и среднее время восстановления) в первую очередь влияет наличие сети дорог, по которым может обеспечиваться доставка всего комплекса технических средств к месту аварии. Для трубопроводов диаметром свыше 1020 мм магистрального исполнения в северных условиях Западной Сибири время ликвидации отказа в среднем составляет: при аварии – 76–116 ч, при аварийной остановке трубопровода – 50–126 ч. Зона обслуживания аварийно-восстановительного пункта на магистральном трубопроводе составляет 50 км. При скорости движения, указанной в табл. 1, и аварии в середине зоны обслуживания

подъезд к месту аварии по бездорожью составит 3–5 часов, по автодороге со сборным железобетонным покрытием около 1 часа. При возникновении необходимости возведения насыпного грунтового проезда или лежневой дороги подъезда к месту аварии время значительно увеличивается.

Существуют четко обозначенные основные коридоры нефтегазотранспортных систем на территории Тюменской области, в районах нефтегазодобычи. В каждом коридоре уложено по 3–5 параллельных ниток трубопроводов больших диаметров. Если расположение такого коридора существенно удалено от основных автомобильных дорог (Тюмень – Ханты-Мансийск, Тюмень – Ноябрьск) или действующих межпромысловых дорог, то есть потребность в строительстве постоянной вдольтрассовой дороги для обеспечения надежной эксплуатации и круглогодичного доступа к трубопроводу для выполнения строительно-монтажных работ. На территории Тюменской области очень густая сеть автомобильных дорог различного значения, а трубопроводные системы преимущественно идут параллельно им или в едином коридоре коммуникаций. Для подъезда к месту аварии необходимо шире использовать секционные дороги промышленного изготовления, а также грунтовые дороги с упрочняющей системой верхнего слоя объемными геоячейками типа «Прудон-494» с заполнением местным грунтом, что позволит обеспечить пропуск аварийной и строительной техники. Строительство временных дорог с различными типами сборно-разборных покрытий, применением геосеток и геоячеек вместо устраиваемых лежневых дорог и грунтовых с нетканым синтетическим материалом на водонасыщенных, переувлажненных и заболоченных участках позволит значительно сократить сроки строительства, снизить их стоимость и трудозатраты.

Строительство временных дорог при сооружении трубопроводов обычно выполняется в три этапа. На первом этапе строятся временные дороги от пунктов поступления материально-технических ресурсов до мест базирования и временных перевалочных баз. На втором этапе сооружаются дороги от мест базирования до участков работ. На третьем этапе строятся вдольтрассовые и подъездные дороги, обеспечивающие работу механизированных колонн.

Поэтапное строительство временных дорог при сооружении трубопроводов позволяет сосредоточить усилия, внимание и средства на оптимальной последовательности выполнения комплекса подготовительных работ [14, 15].

Опыт по строительству автодорог при обустройстве месторождений, прокладке

магистральных и промысловых трубопроводов в Западной Сибири с учетом зарубежной практики позволил обеспечить освоение Западно-Сибирского нефтегазового комплекса в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами. В настоящее время накопленный опыт, в силу сложившихся обстоятельств и разобщения компаний нефтегазового комплекса, частично забыт, однако его использование в практике дорожного и трубопроводного строительства необходимо и целесообразно.

Список литературы

1. Казакова Н.В. Исследование напряжений земляного полотна промысловых автодорог силами морозного пучения грунтов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.13 / Н.В. Казакова; ТюмГНГУ. – Тюмень, 2000. – 24 с.
2. Иванов В.А. Организационно-производственные мероприятия по строительству и капитальному ремонту магистральных трубопроводов: учебное пособие / В.А. Иванов, А.В. Рябков. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 80 с.
3. Кретов В.А. Концепция автодорожного обеспечения эффективного функционирования системы трубопроводов Западной Сибири [Рукопись]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.13; 05.23.11 / В.А. Кретов; ТюмГНГУ. – Тюмень, 1999. – 401 с.
4. Иванцов А.В. Анализ практического опыта применения геоинформационных технологий в проектировании разработки и обустройства нефтяных месторождений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.17 / А.В. Иванцов; ТНИПИИ. – Уфа, 2005. – 160 с.
5. Шевчик В.С. Динамика развития производственной инфраструктуры нефтедобычи на Севере Тюменской области [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.17; 05.02.13 / В.С. Шевчик; ТюмГНГУ. – Тюмень, 2005. – 140 с.
6. Проектирование промысловых трубопроводов в коридорах коммуникаций в сложных условиях / С.М. Соколов, С.В. Кисев // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. – № 4. – С. 77–79.
7. Проектирование разработки и обустройства месторождений как составная часть нефтегазового сервиса / С.М. Соколов, В.А. Горбатилов // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 9. – С. 14–15.
8. Фуникова Е.Н., Огудова Е.В. Основные геологические и геодинамические риски при проектировании и эксплуатации трубопроводов и их мониторинг / Нефтегазовый Терминал, сборник научных статей памяти профессора Н.А. Малюшина. – Тюмень: ТИУ, 2016. – № 10. – С. 118–122.
9. ВСН 2-105-78. Инструкция по строительству временных дорог для трубопроводного строительства в сложных условиях (на обводненной и заболоченной местности). – М.: Миннефтегазстрой, 1978.
10. Абрамян С.Г. Управление экологичностью реконструкции и капитального ремонта магистральных трубопроводов / С.Г. Абрамян. – Волгоград: Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2007. – 66 с.
11. Voronin K.S., Ogudova E.V. The effect of dynamic processes in the system «pipe-soil» on the pipeline deviation from design position/IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. «International Scientific-Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists «Transport and Storage of Hydrocarbons»». – 2016. – С. 012–019.
12. Соколов С.М., Горбатилов В.А. Обустройство нефтяных месторождений Западной Сибири: от принципов обустройства до проблем модернизации // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 22–25.
13. Харитонов В.А. Строительство магистрального трубопровода нефти и газа [Текст]: монография / В.А. Харитонов. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2008. – 485 с.
14. Иванов В.А. Аварийно-восстановительные работы на трубопроводах: учебное пособие / В.А. Иванов, А.В. Рябков, Б.П. Елькин. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 76 с.
15. Сооружение и ремонт подводных переходов магистральных трубопроводов / В.А. Иванов, С.М. Соколов, И.Г. Силина, Е.А. Гильмияров. – Тюмень: Тюменский дом печати, 2016. – 256 с.