

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.791

DOI: 10.34708/GSTOU.2020.27.22.002

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ВОДОВОДОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

© А. Н. Бетирсултанов, Д. Ш. Мусостова

Чеченский государственный университет, Грозный, Россия

Текущая ситуация системы поддержания пластового давления, связанная с применением трубопроводов металлического исполнения, требует современного и более эффективного решения проблем, связанных с коррозией и низким сроком эксплуатации металлических труб, чтобы компания могла конкурировать и следовать конъюнктуре рынка. Подход решения этих проблем связан с эксплуатацией гибких труб полимерного исполнения, обеспечивающий потребителю увеличение срока эксплуатации, за счет отсутствия металла в составе трубопровода, сохранение экологии окружающей среды; сокращение объемов строительно-монтажных работ до 50%; уменьшение гидравлических потерь на 20-30%; сохранение исходных гидравлических характеристик в течение всего эксплуатационного периода. Статья представляет собой подтверждение идей и суждений, где можно с уверенностью утверждать, что применение гибких труб позволяет потребителю перевести парк внутри промысловых трубопроводных коммуникаций в режим безаварийной эксплуатации, на примере опытно-промысловых работ в ПАО «НК Роснефть».

Ключевые слова: гибкие полимерно-армированные трубы, трубопровод, эксплуатация, поддержание пластового давления, коррозия, отложения.

В настоящее время в АО «Самотлорнефтегаз» находится в эксплуатации 2354 км линейных и 284 км внутрикустовых водоводов высокого давления. Внутренняя коррозия является причиной более 60% всех отказов на водоводах повышения пластового давления.

Стальные трубопроводы поддержания пластового давления (ППД) на Самотлоре подвержены интенсивному отложению твердых частиц и, как результат, закупориванию, что, в свою очередь, приводит к значительным потерям в потребляемой электроэнергии и негативно сказывается на эффективности поддержания пластового давления. Заблокированные трубопроводы ППД подлежат замене или внутренней очистке. Для подсчетов гидравлических потерь постепенное сужение внутреннего диаметра из-за отложений не учтено, вместо

этого в экономическом расчёте принята замена стальных трубопроводов ППД каждые 10 лет по причинам отложений и отказам в результате коррозии (рисунок 1). Полимерные трубы в системах ППД дают значительные преимущества в поддержании стабильного перепада давления на протяжении длительного срока службы, и они менее подвержены отложениям приводящих к блокировке трубопроводов

На данный момент стандартной трубой поддержания пластового давления, применяемой на Самотлоре, является труба из углеродистой стали с внешней коррозионной защитой. На основе опытно-промысловых испытаний и технико-экономического анализа с учетом ставки дисконтирования 20%, принятый в ПАО «НК Роснефть», был составлен инвестиционный меморандум, далее согласованный и



Рис. 1. Участок водовода поддержания пластового давления, подверженный коррозии



Рис. 2. Труба металлическая для поддержания пластового давления



Рис. 3. Труба из стеклопластика для нефтесборов и линейных водоводов



Рис. 4. Укладка и размотка секции гибких полимерно-армированных труб на объекте АО «Самотлорнефтегаз»

внесенный в бизнес-план 2020-2025 гг. [2].

Существуют различные методы борьбы с коррозией для нефтесборов и линейных водоводов, к ним относятся: ингибирование, трубы с покрытием, стеклопластиковые трубы и гибкие полимерные трубы [1].

Традиционным и самым дешевым по начальным капитальным вложениям является использование металлических труб с внешней защитой и ингибиторной обработкой (рис. 2).

Другим решением является использование стеклопластиковых труб (рис. 3), которые имеют преимущество перед металлическими по долговечности, но дороже в цене и неустойчивы к высоким давлениям, которые могут достигать 200 атмосфер на водоводах поддержания пластового давления.

Следующим решением являются гибкие полимерно-армированные трубы, отсутствие металла исключает возможность коррозии, а уникальные свойства полимерно-армированного материала позволяют выдерживать рабочее давление до 200 атм. Давление разрыва составляет 700 атм. [4].

По различным технологическим и прочностным причинам единственным решением для водоводов высокого давления оставалось использование металлических труб с ингибированием, и проблема коррозии ни в компании, ни в России не была решена.

Сегодня технологии шагнули дальше, и теперь есть эффективное решение, которым являются гибкие полимерно-армированные

трубы [5].

Согласно программе приоритизации трубопроводов, разработанной ООО «РН-БашНИПИнефть» 166 км (28%), водоводы высокого давления находятся в красной зоне риска.

Коррозия стальных трубопроводов является важной проблемой нефтегазовой отрасли и причиной значительных дополнительных затрат, в первую очередь на регулярную замену труб. Одним из решений этой проблемы является применение гибких полимерно-армированных труб – для строительства трубопроводов в тех случаях, когда позволяют рабочие давление и температура, либо в качестве лайнера для стальных труб, когда давление и температура превышают допустимые для гибких полимерно-армированных труб значения.

В качестве объекта проведения опытно-промышленных испытаний были выбраны 12 участков водоводов повышения пластового давления общей протяженностью замененных участков 4800 м, основным критерием подбора был выбор наиболее аварийных участков (рис. 4).

В настоящее время проект находится на стадии составления инженерного отчета по результатам опытно-промышленных испытаний, далее планируется внедрение в АО «Самотлорнефтегаз» и тиражирование в ПАО «НК Роснефть».

Составляющими компонентами гибкой армированной трубы являются (рис. 5):

1. Внутренний герметизирующий слой;

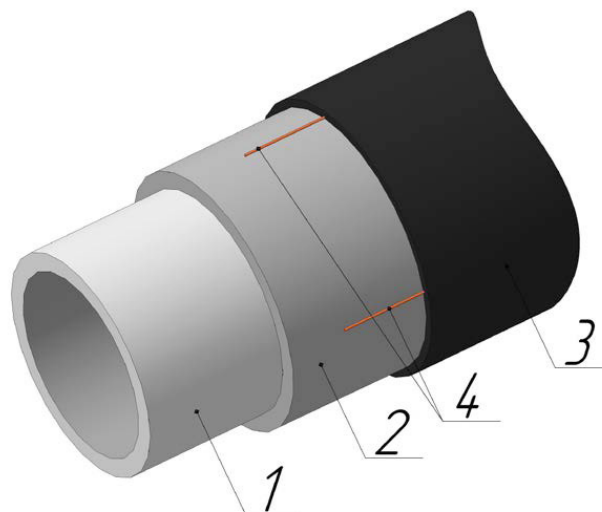


Рис. 5. Гибкая полимерно-армированная труба

2. Промежуточный армирующий слой из высокопрочных арамидных нитей;
3. Внешний защитный слой;
4. Антистатические провода.

Основные экономические показатели сравнения 1 км трубы из углеродистой стали с гибкой полимерно-армированной трубой выглядят следующим образом:

$$NPV = \frac{-IC + \sum_{t=0}^N CF^t}{(1+i)^t}$$

где:

- IC – сумма первоначальных инвестиций;
- N – число периодов (месяцев, кварталов, лет), за которые нужно рассчитать оцениваемый проект;
- t – отрезок времени, для которого необходимо рассчитать чистую приведенную стоимость;
- i – расчетная ставка дисконтирования для оцениваемого варианта вложения инвестиций;
- CF^t – ожидаемый денежный поток (чистый) за установленный временной период.

$$NPV = \frac{-15463 + \sum_{30=0}^{360} 44722}{(1+20)^{30}} = 44,7 \text{ млн. руб.}$$

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF^t}{(1+i)^t}}{IC}$$

$$PI = \frac{\sum_{30=1}^{360} \frac{44722}{(1+20)^{30}}}{15463} = 4,1 \text{ ед.}$$

$$DPP = \min N, \text{ при котором } \sum_{t=1}^N \frac{CF^t}{(1+i)^t} > IC = 10 \text{ лет}$$

NPV (чистая приведенная стоимость) – 44,7 млн. руб.

PI (дисконтированный индекс доходности) – 4,1 ед.

DPP (дисконтированный срок окупаемости) – 10 лет.

Таблица 1.

Исходные данные затрат на трубы из углеродистой стали и гибкие полимерно-армированные трубы

Исходные данные для расчета:	Ед. изм.	Значение
Расчетные значения трубы из углеродистой стали:		
Стоимость 1 км трубы из углеродистой стали:	тыс. руб.	1631
Стоимость реконструкции 1 км ф114х9 (факт 2019 года)	тыс. руб.	13644
Стоимость за 1 тн труб с 2-хслойной наружной изоляцией	тыс. р/тн	70
Вес 1 км труб ф114х9	тн	23,3
Затраты на очистку трубопроводов	тыс. руб.	1497
Средние затраты на ликвидацию 1 отказа на вв ППД за 2018 год	тыс. руб.	61,7
Штраф в Росприроднадзор по факту отказа	тыс. руб.	110
Количество отказов по причине коррозии до замены за время эксплуатации	шт.	10
Срок службы стального трубопровода	год	10
Расчетные значения трубы полимерно-армированной:		
Стоимость 1 км гибкой полимерно-армированной трубы	тыс. руб.	6000
Средние затраты на ликвидацию 1 отказа на вв ППД за 2018 год	тыс. руб.	61,7
Штраф в Росприроднадзор по факту отказа	тыс. руб.	110
Количество отказов по причине коррозии до замены за время эксплуатации	шт.	2
Срок службы ГПАТ	год	30
Увеличение КВ при переходе на ГПАТ:		
Материал (труба)	тыс. руб.	4369
СМР	тыс. руб.	-550
Ожидаемые КВ ГПАТ	тыс. руб.	15463
Затраты на ликвидацию 1 отказа (с штрафами)	тыс. руб.	171,7

Проектирование полимерных трубопроводных систем является очень важной частью успешности проекта и должно выполняться согласно соответствующим отраслевым стандартам и процедурам, предоставляемым заводами изготовителями. В отличие от стальных труб, полимерные трубы имеют уникальный характер, и их механические и физические свойства варьируются в зависимости от типа трубы. Важно обеспечивать, чтобы проектная организация обладала подтвержденным опытом проектирования полимерных труб для аналогичных условий. Особое внимание при проектировании полимерных трубопроводов должно уделяться следующим областям (перечень не является исчерпывающим):

- Выполнению гидравлических расчетов с целью определения оптимального размера трубы и оценки влияния на остальные элементы системы;
- Анализу колебаний гидравлического давления и скорости потока, а также гидравлического удара;
- Проектированию фундамента и крепления полимерных трубопроводов в местах присоединения к стационарному оборудованию, например ЗРА, емкостям высокого давления, насосам и т. п.;
- Проектированию фундамента и крепления полимерных трубопроводов в точках изменения направления трубопровода;
- Проектированию переходов (через

реки, автомобильные дороги, ж/д пути, трубопроводы);

- Предпочтительному способу укладки трубопровода;
- Коррозионной защите переводных фланцев, фитингов, муфт в месте присоединения к стационарному оборудованию (или соединения труб);
- Выбору метода соединения. Расчетные давления и температуры должны проверяться и подтверждаться инженерами-технологами для каждого участка трубопровода с целью обеспечения их корректности и правильности определения, поскольку они оказывают значительное влияние на выбор полимерной трубы. Слишком высокие требования могут привести к значительному увеличению CAPEX по проекту и даже исключить проект из области возможного применения полимерной трубной продукции.

Существует ряд основных методов, применяемых для монтажа полимерных труб:

- Стандартная укладка в траншеи и обратная засыпка (аналогично стандартной укладке стальной трубы);
- Надземная укладка (для постоянного и временного применения);
- Заглубление;
- Горизонтально-наклонное бурение;
- Внутри существующего трубопровода из углеродистой стали (восстановление старых трубопроводов методом санации).

На основании опыта производителей полимерной трубы продолжительность работ по укладке гибкого полимерного трубопровода в траншею приблизительно на 50% короче относительно укладки стальной трубы такого же диаметра. Такое сокращение сроков укладки достигается благодаря следующим факторам:

- Для укладки трубопровода требуется меньшее количество оборудования и персонала;
- Требуется меньшая ширина траншеи;
- Более быстрая подготовка и укладка трубопровода в длинных секциях (особенно в сложных топографических условиях);
- Нет необходимости в сварочных работах, проведении рентгеноскопии [3].

Надземная укладка может применяться при временной схеме при ремонтах трубопровода, опытно-промышленных работах, ускорении сроков ПНР новых объектов инфраструктуры (скважин). Затем трубопровод может быть демонтирован и повторно использован, когда необходимо.

Укладка трубопровода методом заглубления минимизирует нарушение грунтов и обеспечивает ускорение темпов укладки до 3 раз быстрее по сравнению с траншейным методом, что подтверждается производителями.

Гибкую полимерную трубу можно использовать для быстрого восстановления трубопровода с целью восстановления пропускной способности трубопровода до указанного максимального рабочего давления. Восстановление трубопровода таким методом происходит значительно быстрее, по сравнению со строительством нового трубопровода. В случае проведения работ по восстановлению трубопровода необходимо будет выполнить гидравлический расчет с целью подтверждения того, что уменьшение внутреннего диаметра трубопровода не окажет негативного влияния на работу остальной части системы. Полимерная труба обладает гораздо более гладкой поверхностью проходного отверстия по сравнению со стальной трубой, которая подверглась коррозии, что иногда может компенсировать сужение диаметра.

Подземная укладка прямолинейной стеклопластиковой и армированной полимерной трубы, как правило, выполняется традиционным способом в траншею с обратной засыпкой. В данных случаях требования к основанию траншей и обратной засыпке аналогичны применяемым для трубопроводов из углеродистой стали, особое внимание уделяется обеспечению устойчивости основания, чтобы на трубу не воздействовали неровности породы, камни или неравномерная точечная нагрузка. Также имеются особые требования к материалу обратной засыпки, чтобы не допустить повреждений трубы, при этом уплотнение грунтов обратной засыпки должно производиться в соответствии с инструкциями производителей.

Применение полимерных труб позволяет получить следующие преимущества относительно трубы из углеродистой стали:

- Коррозионная устойчивость;

- Отсутствие необходимости в применении коррозионной защиты путем закачки ингибиторов;
- Отсутствие потребности в применении катодной защиты;
- Снижение удельных потерь давления труб того же диаметра;
- Снижение потерь электроэнергии в трубопроводе для труб того же диаметра;
- Отсутствие необходимости в покрытиях;
- Отсутствие необходимости в сварочных работах, проведении рентгеноскопии;
- Повышение безопасности, экологичности;
- Более продолжительный срок службы;
- Снижение возможности протечек;
- Сокращение сроков монтажа;
- Минимальная потребность в рабочей силе и оборудовании для монтажа [3].

Конструкция и материалы не наносят вред окружающей природной среде и здоровью человека. В свою очередь, снижение объемов выхлопных газов за счет снижения времени

работы автотранспорта, и уменьшается вероятность возникновения травм на производстве.

Применение гибких трубопроводов из неметаллических материалов, армированных высокопрочными арамидными нитями для строительства водоводов высокого давления, позволит существенно сократить операционные затраты даже при принятой в ПАО «Роснефть» ставке дисконтирования 20%, повысить надежность эксплуатации (снизить аварийность, сократить неэффективные энергопотери). Минимизировать влияние деятельности на природную среду, среду обитания человека и производственную среду. Сократить полные затраты за счет применения энергоэффективных технологий, оптимизация инфраструктуры, внедрение системы непрерывных улучшений. Реализовать долгосрочные программы внедрения инноваций и лучших практик, контролируя эффективность изменений в бизнес-процессах и их долгосрочные последствия. Повысить межремонтный период эксплуатации оборудования, применяя качественный подход к эксплуатации и ремонту оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аганчев В. И., Виноградов Д. А.* Металлопластовые трубы – перспектива транспорта нефтепродуктов // Нефтяное хозяйство. 2005. № 2. С. 106-107.
2. ГОСТ Р 56730-2015. С. 9.
3. Локально-нормативный документ ПАО «Роснефть». С. 47.
4. *Ткаченко А. Н.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. С. 15-26.
5. *Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. С. 280-296.

TECHNOLOGY FOR THE USE OF FLEXIBLE POLYMER PIPES FOR TO MAINTAINING RESERVOIR PRESSURE

© A. N. Betirsultanov, D. S. Musostova
Chechen State University, Grozny, Russia

The current situation of the system of maintaining reservoir pressure associated with the use of metal pipes requires a modern and more effective solution to the problems associated with corrosion and low life of metal pipes, so that the company can compete and follow market conditions. The approach to solving these problems is related to the operation of flexible polymeric tubes, which provide the consumer with an increase in life, due to the absence of metal composition of the pipeline, the preservation of the environment; Reducing the volume of construction and installation work to 50%; Reducing hydraulic losses by 20-30%; Maintaining the original hydraulic characteristics throughout the operational period; The article is a confirmation of ideas and judgments, where it is safe to say that the use of flexible pipes allows the consumer to transfer the park within commercial pipeline communications into a mode of non-emergency operation, on the example of experimental fishing work in Rosneft.

Keywords: flexible polymer-reinforced pipes, maintenance of reservoir pressure, pipes, corrosion, sediment, operation.

REFERENCES

1. Agapchev, V. I. and Vinogradov, D. A. (2005) 'Metalloplastovye truby – perspektiva transporta nefteproduktov'. *Neftyanoe khozyaistvo*. [Metalloplastic pipes – the prospect of transport of petroleum products. Oil industry]. No², pp 106-107.
2. GOST P 56730-2015, p. 9.
3. Rosneft Locally Regulatory Document, p. 47.
4. Tkachenko, A.N. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov [Assessment of the effectiveness of investment projects], pp. 15-26.
5. Vilensky, P. L., Livshitz, V. N. and Smolyak, S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov [Assessment of the effectiveness of investment projects], pp. 280-296.