

## **МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА**

**Долгозвягов Данил Дмитриевич**, студент  
**Косовская Ксения Кирилловна**, студент  
**Тихонов Георгий Александрович**, студент  
Сибирский федеральный университет  
kseniii735@gmail.com

***Аннотация:** В статье рассмотрены материалосберегающие методы строительства магистральных трубопроводов и технические средства их транспортировки. Один из этих методов - проектирование трубопроводов с переменной толщиной стенок в соответствии с ГОСТ 31447-2012. Наше исследование определило оптимальные параметры строительства, позволяющие сократить использование материалов при укладке труб. Это может привести к экономии затрат на строительство и эксплуатацию трубопроводов, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.*

***Ключевые слова:** нефть, транспортировка нефтепродуктов, трубопроводный транспорт, магистральный нефтепровод, энергетическая безопасность.*

Доля трубопроводного транспорта в общей структуре транспортировки углеводородов является весьма значительной. Особенно это касается перемещения природного газа, где трубопроводный транспорт составляет около 56%. При транспортировке нефти этот вид транспорта также занимает достаточно большую долю - приблизительно 41%. В то же время, продукты нефтепереработки транспортируются трубопроводами лишь на 4% [1].

Важно отметить, что углеводороды являются одним из стратегически важных носителей энергии в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК). Следовательно, роль

магистрального транспорта в обеспечении работы различных отраслей экономики становится очевидной. Трубопроводный транспорт является наиболее безопасным и экологически чистым способом транспортировки углеводородов, что делает его востребованным и перспективным для дальнейшего развития экономики.

Для успешной конкуренции основного транспорта углеводородов с другими видами транспорта главным фактором должно стать снижение стоимости прокачки. При этом одной из ее существенных составляющих может стать снижение стоимости энергетических и материальных ресурсов. Анализ научной литературы показывает, что к настоящему времени существует множество разработок, способов и методов, и все они в основном направлены на снижение энергозатрат и реже посвящены экономии материальных ресурсов. По мнению исследователей, снижения энергопотребления можно добиться за счет экономии (уменьшения) электроэнергии на привод магистральных насосов, а именно [2]:

- 1) снижение гидравлического сопротивления трубопровода посредством периодической очистки или применения антитурбулентных присадок;
- 2) оптимизация режимов откачки с использованием современных методов регулирования производительности насосов;
- 3) снижение потерь электроэнергии при распределении сети и эксплуатационное оборудование;
- 4) перевод энергоснабжения на современное энергосберегающее технологии.

Между тем, существуют и способы снижения потерь электроэнергии при трубопроводной транспортировке газа и нефти за счет [1], [3]:

- 1) оптимизации производственных режимов перекачки нефти или газа, что достигается за счет качественного подбора и замены насосов, технического обслуживания, а также внедрения частотно-регулируемого привода;
- 2) повышение эффективности очистки внутренних полостей нефте- и газопроводов, в которой осуществляется перекачка горячей жидкости или пара. Нагрев в этом случае осуществляется с помощью установки для депарафинизации колодцев и труб;
- 3) своевременная очистка грязеуловителей;

4) модернизация насосного парка трубопроводов, использование цифровых регуляторов возбуждения синхронных электродвигателей для повышения коэффициента мощности нефте- и газоперекачивающих станций;

5) внедрение систем автоматического управления в процесс перевозки.

Из приведенных примеров можно заметить, что, несмотря на многочисленные и разнообразные трактовки и мнения относительно концепции снижения энергоемкости трубопроводного транспорта углеводородов, все они в основном направлены на улучшение работы насосов, модернизацию и повышение эффективности их электроприводы, а также повышение реологических свойств транспортируемой жидкости.

Стоит заметить, что информации о ресурсосбережении, а именно о материалосберегающих технологиях, путях и методах снижения себестоимости перевозок недостаточно. Исключение составляют результаты частных разработок, освещенные в материалах проведенных ранее конференций и сборниках трудов. Представленные результаты можно принять в качестве базовой модели (алгоритма) для дальнейшей разработки методов оценки эффективности предприятий по транспортировке нефти и газа. По мнению авторов, оптимизация предприятий должна быть направлена на увеличение доходов и сокращение расходной части.

В программах предприятий необходимо выбрать соответствующие критерии оптимизации. Эти аспекты зависят от поставленных целей и задач. Они могут быть конкретными, отнесенными к единице продукции, производительности, мощности, стоимости и т.д.; абсолютными или комплексными, состоящие из нескольких критериев.

В статье [4] анализируются методы, применяемые при прокладке нефтепровода в условиях северных регионов России. Исследователи рассмотрели район строительства газопровода, его климатические и геологические условия. Проанализированы возможные неучтенные показатели для расчета напряженно-деформированного состояния трубопровода. В частности, учитывалась разница температур при строительстве нефтепровода. Авторы пришли к выводу о том, что из-за уникальности климатических и геологических условий района строительства могут возникнуть просадки и всплывтия проложенного

нефтепровода. Для предотвращения подобных ситуаций было предложено проводить расчеты и прогнозы напряженно-деформированного состояния нефтепровода, что с учетом всех факторов существенно повышает надежность эксплуатации всего магистрального нефтепровода.

Анализ работ в зарубежных рецензируемых научных журналах показал, что многие исследования направлены на предотвращение и минимизацию коррозии стальных трубопроводов и резервуаров. Так, в [6] предложено применение метода дифракции времени пролета (TOFD) для исследования сварных соединений с неравномерной толщиной стенок вертикальных стальных резервуаров. В данной работе научно обоснован один из метрологических методов повышения надежности трубопроводов и резервуаров для транспортировки и хранения нефти. Авторы следующей работы [7] провели полный анализ возможности использования супергидрофобных покрытий для защиты стальных трубопроводов в нефтегазовой отрасли. На основании анализа литературных данных обо всех доступных методах было предложено применить метод напыления для создания супергидрофобных покрытий стальных трубопроводов.

Таким образом, больше внимания следует уделять внедрению таких технологий и технических средств, направленных на снижение стоимости транспортировки углеводородов и газа. Имеется в виду разработка путей и методов снижения материалоёмкости при строительстве магистральных трубопроводов и транспортировке по ним нефти и газа, что, в конечном итоге, также должно способствовать снижению энергопотребления. Таким образом, в отличие от прямых путей и методов, в данном случае предлагаемым нами новым подходом являются косвенные пути снижения энергоёмкости.

При постоянной толщине стенки трубы по длине участка на выходе из насосной станции материал трубопровода работает с напряжением, близким к предельно допустимому. Это значит, что несущая способность трубы использована практически полностью, а на некотором расстоянии от насосной станции металл трубы уже недогружен. Поэтому при снижении давления толщину стенки трубопровода можно также уменьшить, т.е. построить трубопровод с переменной толщиной стенки по длине. Поскольку трубы

производятся по некоторым стандартам, уменьшить толщину стенки трубопровода можно только ступенчато [5], [11].

При строительстве магистральных нефтепроводов расходуется огромное количество металла, актуальной задачей может быть экономия металла за счет использования переменной толщины стенки трубопровода. Экономия металла составит около 5 тыс. тонн. На магистральном нефтепроводе таких участков может быть несколько. Например, существуют нефтепроводы длиной 1500 км, имеющие около 10-12 таких участков. Из приведенного примера, очевидно, что при использовании переменной толщины на магистральных нефтепроводах экономия металла значительная.

Задача в нашем случае заключалась в том, что необходимо было определить оптимальное количество участков на одном участке, т.е. между перекачивающими насосными станциями в случае нефти или компрессорными станциями в случае транспортировки газа.

Это связано с тем, что существуют разные мнения и предложения относительно количества площадок, которые основаны на инженерной интуиции и догадках. Так, по мнению авторов [8], количество ступеней, т. е. количество участков трубы разной толщины на каждом участке, должно быть не более трех, в связи с чем рекомендуется принимать его равным трем. По нашему мнению, число площадок должно находиться в определенных пределах и колебаться в зависимости от природно-климатических условий и местности и приниматься в каждом конкретном случае как целое число из этого диапазона.

В [9]-[11] многофакторный эксперимент поставлен методом центрального композиционного планирования. В предлагаемом способе транспортировки жидкости и газа по магистральному трубопроводу транспортируемое жидкое или газообразное вещество (преимущественно нефть, нефтепродукты, вода или газ) подается под предельно допустимым давлением. Выполняется через магистральный трубопровод с одинаковым номинальным (наружным) диаметром. Это способствует тому, что несущая способность труб этого сечения используется практически полностью. В обычном случае, когда, начиная с определенного расстояния от КС, по мере снижения давления в случае прокладки труб с одинаковой толщиной стенок металл трубы окажется недогруженным. Однако из-за размещения труб по длине одного

участка, внутренние диаметры одинаковым номинальным диаметром в необходимом и достаточном количестве, число которых выбирают в пределах (2 – 4), металл трубы по длине участка не будет испытывать недогрузки. А также, соответственно, значение его пропускной способности будет полностью использовано. Это, в свою очередь, также повлияет на улучшение реологических свойств транспортируемого вещества и снизит энергоемкость процесса. Главное, существенно снижается расход металла, что, в конечном итоге, позволяет сэкономить значительное количество металла.

### Литература

1. Pipeline transport of hydrocarbons, Materials of the II All-Russian scientific-practical conference, Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 216 p. (2018).
2. S. Akhmetov, N. Akhmetov, Z. Iklasova, Z. Zaydemova, Energy and material saving technologies for construction of main pipelines for oil and gas transportation, Web of Conferences, 288, 01051, pp. 15-21. (2021).
3. Y. Ilya, I. Grushevsky, Y. Grushevsky, Improving the operational reliability of pipeline transport facilities, Oil and Gas Terminal. Collection of scientific papers of the international scientific and technical conference named after professor, 16, pp. 120-124 (2019).
4. D.A. Neganov, O.I. Filippov, I.I. Mikhaylov, A.V. Geit, P.S. Golosov, TOFD technique application to examine welded joints with non-equal wall thickness of the vertical steel tanks, Pipeline Science and Technology, 3 (2), pp. 84-91 (2019).
5. A.O. Ijaola, P.K. Farayibi, E. Asmatulu, Superhydrophobic coatings for steel pipeline protection in oil and gas industries: A comprehensive review, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 83 p. (2020).
6. F.F. Abuzova, R.A. Aliyev, V.F. Novoselov, et all, Technique and technology of transport and storage of oil and gas, 15 (4), pp. 203-205 (1992).
7. U.S. Karabalin, F.A. Mamonov, K.M. Kabyldin, M.M. Yermekov, Transportation and storage of oil, gas and oil products, 547p. (2005).
8. Interstate standard GOST 31447-2012, Welded steel pipes for main gas pipelines, oil pipelines and oil product pipelines, Technical conditions, ISS 77.140.75, Date of introduction 2015-01-01, Table 1in clause 4.2 «Range and theoretical weight of pipes», Chapter 4 «Range» (2012).
9. T.N. Shvetsova-Shilovskaya, O.V. Polekhina, D.E. Ivanov, F.I. Skvortsov, Planning an experiment in the study of air pollution in

- industrial premises // Computational Technologies, ICT SB RAS, 25 (3), pp. 152-159 (2020).
10. N.Yu. Baturina, Automation of Planning of Eksperimen, International Research Journal, 11(53), pp. 14-17 (2016).
  11. E.V. Shendaleva, Kh.I. Khalimov, Design of Experiments at Bench Tests of Fuel Supplying Apparatus, Omsk Scientific Bulletin Series Aviation– Rocket and Power Engineering, 3 (2), pp. 156-161 (2019).