

УДК 621.644.8

**КОМПОЗИТНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
COMPOSITE GAS PIPELINES AND ENERGY SAVING PROSPECTS**

Г.В. Алимов, В.Г. Полещук, А.Д. Яковенко

Научный руководитель – А.Г. Герасимова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
tes@bntu.by

G. Alimov, V. Poleshchuk, A. Yakovenko

Supervisor – A. Gerasimova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** данная статья посвящена вопросу оценки целесообразности использования альтернативных материалов для строительства газопроводов.*

***Abstract:** this article is devoted to the issue of assessing the feasibility of using alternative materials for the construction of gas pipelines.*

***Ключевые слова:** трубопровод, коррозия, композитная труба, газ.*

***Key words:** pipeline, corrosion, composite pipe, gas.*

Введение

В последние годы надежность трубопроводных систем инженерно-технологического назначения практически повсеместно переживает кризис. Основной причиной частых аварий на стальных коммуникациях была коррозия. Многочисленные теоретические исследования и практические испытания показали, что полимеры и их композиции являются многообещающей альтернативой металлическим трубопроводам. Эффективность композитных трубопроводов подтверждается ростом инженерных композитных коммуникаций. Основными преимуществами нанокompозитных труб являются длительный срок службы (до 80-100 лет), низкое гидравлическое сопротивление и отсутствие необходимости для систем катодной и анодной защиты благодаря внешней коррозионной стойкости. Согласно годовому отчету ПАО «ГАЗПРОМ» за 2017 год, протяженность газотранспортной системы (ГТС) страны в настоящее время составляет 172 100 км. Все магистральные газопроводы построены из стальных труб от DN500 до DN1400. Нагнетатели природного газа с моторным приводом, газовым двигателем и газотурбинным приводом используются для подачи газа с месторождений к западной границе и в конечном итоге к российским потребителям (рисунок 1).

Основную долю газотранспортного оборудования составляют газотурбинные компрессоры - 86% от общей мощности. Гидравлическое сопротивление магистральных газопроводов и трубопроводов участка на газокompрессорных станциях (КС) определяет расход топливного газа для привода ГТС. В соответствии с целевыми показателями ПАО «Газпром» на

2018 год собственные потребности ГТС составляют около 11% (60 млрд м³ в год) от объема добычи газа [1].

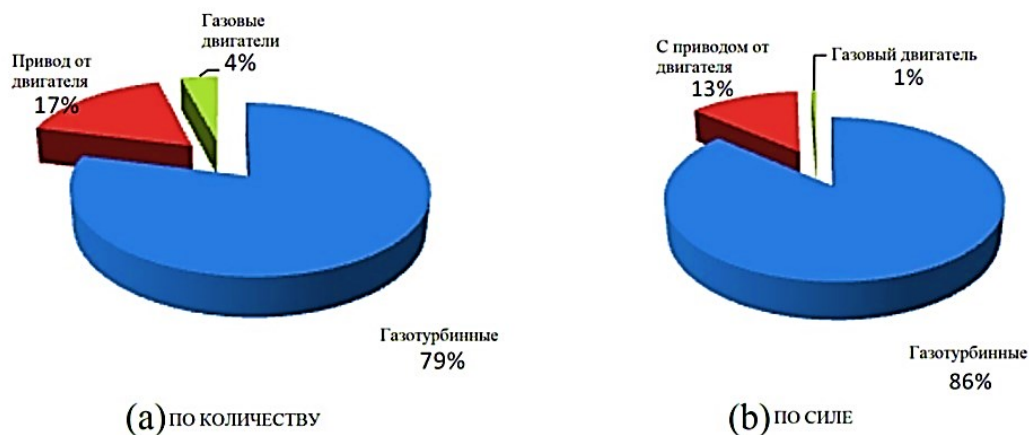


Рисунок 1 – Структура парка газовых компрессоров по типу привода, Россия

Основная часть

Гидравлическая эффективность современных систем газопроводов.

Многочисленные совместные совещания руководства ПАО «ГАЗПРОМ» и ООО «УК РОСНАНО» подтверждают высокий интерес к применению современных разработок наноиндустрии. Наряду с системами постоянного тока с литий-ионными батареями, волоконно-оптическими устройствами для контроля технического состояния газопроводов, мембранными технологиями, термоэлектрическими генераторами, работающими на природном газе, большой интерес отмечается к нанокompозитным трубам для строительства магистральных газопроводов (МГП) и ответвлений газопроводов (GPB) [2]. Два контрольных участка для строительства газопроводов из композитных труб (один наземный (90 км), один подводный (14 км) переход через ручей) и подрядчик для производства композитных газопроводов до DN1400 были согласованы с руководством компании. Обоснование энергетического и экономического эффекта от возможной реконструкции ГТС производится путем сравнения четырех вариантов газовых труб:

- базовая версия: сталь с системой электрохимической защиты (ЕСР) от внешней коррозии;
- альтернатива А1: сталь с внутренним гладким эмалевым покрытием и системой ЕСР;
- альтернатива А2: композитные трубы без системы ЕСР;
- альтернатива А3: сталь с внутренним гладким покрытием Scotchkote и системой ЕСР.

Шероховатость газовых труб с внутренним гладким покрытием (вариант 1) не должна превышать 15 мкм. Согласно требованиям, этот показатель рекомендуется принимать равным 0,01 мм. Основным назначением внутренних антифрикционных покрытий является уменьшение шероховатости внутренней поверхности труб. Внутреннее двухкомпонентное гладкое

покрытие Scotchkote (альтернатива 3) имеет специальные антифрикционные свойства. Материал не содержит растворителей, бензилового спирта и других летучих веществ, что позволяет получить внутреннее покрытие с шероховатостью 1...10 мкм. Наноккомпозит (альтернатива 2) представляет собой большое количество специальных нанослоев толщиной не более 2×10^{-9} м. Он изготовлен из глинистых минералов монтмориллонита. Частицы монтмориллонита искусственно добавляются в полимер PE-RT и образуют уникальный сверхпрочный материал. Результатом создания многослойной структуры является увеличение механической прочности трубы, термостойкость и долговечность за счет устранения коррозии газопроводящих труб. Внутренний слой наноккомпозитной трубы, контактирующий с потоком, изготовлен из полиэтилена PE-RT. С точки зрения обеспечения оптимальных гидравлических условий газопроводов этот материал обладает следующими преимуществами:

- чрезвычайно низкое значение шероховатости - 0,0015 мм;
- почти нулевая адгезия.

Оценка энергетической эффективности гидравлических режимов для базового и трех альтернативных вариантов выполняется путем расчета давления в конце участка протяженностью 100 км в соответствии с методиками:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \frac{10^{12} \cdot q \cdot \Delta T_m \cdot Z_m \cdot L}{3.32^2 \cdot d^5}}$$

Построены гидравлические характеристики газопроводов для труб от DN 500 до DN 1400. На рисунке 2 показана зависимость гидравлического КПД для наибольшего и наименьшего диаметров от загрузки газовой системы в диапазоне 60%...100%.

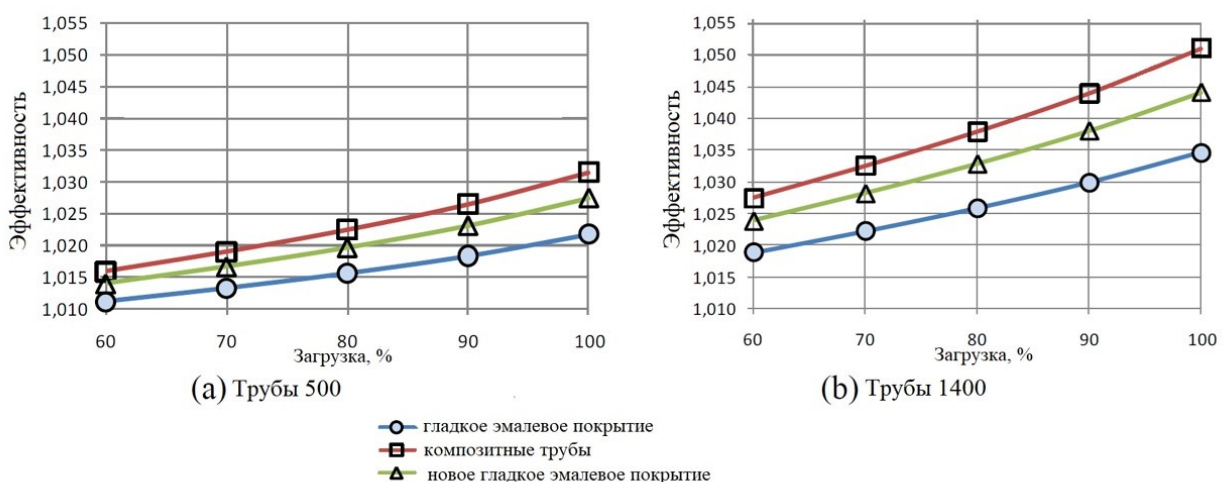


Рисунок 2 – Гидравлическая эффективность газопроводов

Расчеты показали, что величина необходимого напора для перекачки газа значительно варьируется в зависимости от шероховатости трубопроводов. На рисунке 3 показаны относительные значения потерь давления на участке длиной 100 км между CS с обозначениями:

В/А 1 - отношение потерь давления в стальном трубопроводе (базовый вариант конструкции системы) к потерям давления в стальном трубопроводе с гладким внутренним эмалевым покрытием (альтернатива А1);

В/А 2 - коэффициент потерь давления в стальном трубопроводе (базовый вариант конструкции системы) к потерям давления в составном трубопроводе (вариант А2);

В/А 3 - коэффициент потерь давления в стальном трубопроводе (базовый вариант конструкции системы) к потерям давления в стальном трубопроводе с внутренним покрытием Scotchkote (альтернатива А3).

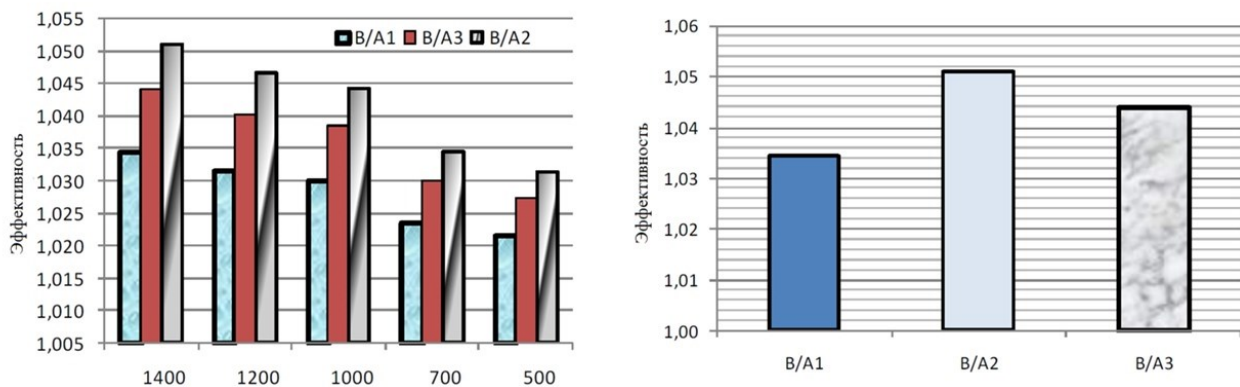


Рисунок 3 – Сравнение гидравлической эффективности труб с различной шероховатостью при расчетной нагрузке

Чтобы обеспечить поток газа повышенного давления в головной части системы, требуется дополнительный расход топливного газа GCU (газокомпрессорная установка) для привода нагнетателя. С учетом исходных данных (таблица 1) было рассчитано снижение затрат на топливный газ при реализации реконструкции ГТС для вариантов А1... А3 (таблица 2) на примере газопровода DN1400.

Таблица 1 – Исходные данные для оценки эффективности использования композитных и альтернативных газопроводов

№	Параметр	Единица измерения	Значение параметра
1	Начальное давление газа	МПа	7,5
2	Расстояние между CS	км	100
3	Диаметр газопровода	мм	DN1400
4	Пропускная способность газопровода	Миллион кубометров в день	70...95

Результаты оценки целесообразности реконструкции ГТС.

Для комплексной оценки целесообразности использования композитных трубопроводов для системы газопроводов определяется еще одна составляющая эффективности предлагаемого решения - эксплуатационные расходы на систему ЕСР магистральных газопроводов. При рассмотрении учитываются блоки катодной защиты Minerva-3000, разработанные в

соответствии с заданием и техническим заданием ПАО «Газпром». Номинальная мощность агрегата составляет 3 кВт. Протяженность зоны покрытия газопровода составляет 10 ... 30 км, в зависимости от состояния изоляции газопровода и свойств грунта. Нормативные требования к мощности для станций ESP газопроводов DN1400 были оценены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка экономической целесообразности использования газопроводов из композитных и альтернативных материалов

№	Параметр	Единица измерения	Параметры в А1	Параметры в А2	Параметры в А3
1	Экономия топливного газа	млн. кубометров в год	0,9-7,5	1,2-10,8	1,1-9,4
2	Снижение стоимости топливного газа	млн. рублей в год	3,4-29,9	4,9-43,0	4,3-37,6
3	Экономия электроэнергии при ЕСП	млн. кВт в год	-	0,295	-
4	Снижение затрат на электроэнергию ЕСП	млн. рублей в год	-	1,329	-
5	Затраты на поддержание газопроводов в рабочем состоянии	млн. рублей в год	14,42	5,87	14,42
6	Общий экономический эффект	млн. рублей в год	2,7-29,2	6,2-44,3	3,6-36,9
7	Дополнительные затраты на газопроводы, нормированные до максимального срока службы	млн. рублей	40+	8	25+
8	Срок окупаемости	год			

Заключение

Экономия топливного газа при использовании композитных газопроводов, в зависимости от нагрузки, достигает почти 450 тысяч рублей на один километр одноструйного газопровода DN1400 в год.

Итоговые годовые капитальные затраты на строительство композитного магистрального газопровода DN1400 более чем в 4,5 раза ниже аналогичного показателя стальных газопроводов с гладким эмалевым покрытием.

Учет ежегодных общих затрат на эксплуатацию систем магистральных газопроводов обеспечивает почти 7-кратное экономическое преимущество нанокompозитных трубопроводов по сравнению со стальными аналогами.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Приложение к общественному и деловому журналу «Энергетическая политика». М.: Институт энергетической стратегии, 2010. – 172 с.
2. Филатов, А.А. Газовая промышленность / А.А. Филатов [и др.] // Камелот паблишинг. – 2018. – №7. – С. 34–37.