

РАЗВИТИЕ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ

Г.М. ЧУДАКОВ, М.Г. ИВАНОВ

*Кубанский государственный технологический университет
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2*

В статье рассматриваются вопросы рационального использования ресурсного потенциала природного газа, снижение технологических потерь, экономии газа, проблемы развития систем газоснабжения и способы их решения

Ключевые слова: Топливо-энергетический комплекс, сжиженный и компримированный природный газ, магистральный газопровод, Единая система газоснабжения, газоснабжение потребителей, концепция развития систем газоснабжения.

Первоначально «газификацией» называли процесс добычи искусственного газа из твердого или жидкого топлива (дрова, торф, уголь, нефть), который применяли для освещения городов. С развитием промышленности получили широкое применение природные, нефтяные (попутные), промышленные газовые продукты. К промышленным газам относят крекинг-газ, коксовый, генераторный и другие, которые получают прямой перегонкой нефти, коксованием, пиролизом, каталитическим и термическим крекингом. Известно, например, применение водной угольной суспензии, транспортируемой по трубам до места потребления. Термической обработкой без доступа кислорода из этой суспензии получают горючий газ, который затем очищают от золы и вредных примесей. Все газы имеют разнообразный состав в зависимости от происхождения и способа получения. Так, например, промышленные газы содержат 26-28% CH_4 , до 30% C_2H_6 , 27-30% C_2H_4 , 8-10% C_3H_8 и C_3H_6 , 3-5% H_2 , до 5% других углеводородов C_4 .

Газы широко используются как ценное углеводородное сырье органического синтеза и высококачественное топливо для промышленности. Переход на газообразное топливо снижает вредные выбросы в атмосферу, поднимает уровень технико-экономических показателей производства, создает основу подъема производительности промышленных предприятий и социально-экономического развития регионов. В то же время газификация

улучшает условия труда и быта населения, снижает разрыв между уровнем жизни населения в городах и в сельской местности. Для устойчивого газоснабжения потребителей применяют прогрессивные технические средства и методы добычи, транспортировки, переработки и хранения газа.

Метан (CH_4) является основным компонентом горючих газовых продуктов. Его удельная теплота сгорания в 2,5 раза выше, чем у каменного угля. Содержание метана в природных газах составляет свыше 96%, в нефтяных - 39-91%, рудничных - 34-48%. Считается, что в угольных пластах содержание метана достигает 260 трлн. м^3 , в атмосфере Земли – 6 трлн. м^3 , а в водах океанов, морей, озер растворено около 14 трлн. м^3 метана, то есть значительно больше разведанных промышленных запасов - 140 трлн. м^3 [6].

Метан при охлаждении до температуры ниже критической, равной 191 К (-82,4 °С), и давлении - 4,63 МПа (46,3 кг/см²) переходит в жидкое состояние. Сжиженным метаном остается и при атмосферном давлении, если его температура не превышает 111,8 К (-161,6 °С). При сжижении объем метана уменьшается в 590 раз, поэтому в одинаковом объеме его содержится в 3 раза больше, чем компримированного природного газа (КПГ) при давлении 20 МПа.

Сжиженный природный и углеводородный газы применяют для покрытия пиковых нагрузок газопотребления и в качестве газомоторного топлива для транспорта. С 1936 г. в нашей стране целенаправленно ведутся работы по использованию СПГ и КПГ как моторного топлива для автомобилей, большегрузных карьерных самосвалов, автопоездов, тепловозов, авторефрижераторов, теплоходов типа «река-море», самолетов, космических кораблей. Применение газомоторного топлива позволяет заменить 80% дизельного топлива на тепловозах и речных судах. В настоящее время автомагистрали Европейской части России и Западной Сибири оборудованы автомобильными газонаполнительными компрессорными станциями. Ставится задача о переходе на газомоторное топливо всего транспорта, изготавливаемого в стране.

На СПГ приходится до 5% от общего объема потребления природного газа. На Индонезию, Алжир, Малайзию и Австралию приходится 85% экспорта СПГ, а основными потребителями являются Япония (более 50%) и Южная Корея (14%). Россия поставляет СПГ по договору в Японию и Китай в количестве более 3 млн. т в год.

На примере доставки природного газа из Алжира французскими экономистами установлено, что, если в местах добычи газа затраты составляют около 10% от себестоимости СПГ, то после сжижения, перевозки на метановозах и регазификации они возрастают на 75%. При транспорте газа по трубопроводу затраты увеличиваются лишь на 20% [4]. Перевозка потребителям природного газа в сжиженном состоянии экономически выгодна при годовом объеме до 10 млрд. м³ и расстоянии более 1,5 тыс. км.

Первый опыт добычи природного газа и передачи его потребителям трубопроводным транспортом был получен при разработке небольших месторождений. Производственная база газового хозяйства России стала формироваться в Единую систему газоснабжения (ЕСГ) после сооружения в 1946 году 800-километрового МГП Саратов-Москва диаметром от 0,3 м до 0,5 м с поршневыми газоперекачивающими агрегатами (ГПА) мощностью от 700 кВт до 1,0 МВт и ввода в действие в 1957 г. МГП Ставрополь-Москва-Ленинград диаметром 0,7 м с рабочим давлением 5,5 МПа и ГПА мощностью до 4 МВт.

Стремление увеличить пропускную способность газопроводов путем увеличения диаметра труб и повышения давления газа приводит к необходимости применения толстостенных труб и росту удельных металлозатрат. Толщину стенки трубопровода рассчитывают [7] по формуле

$$\delta \geq \frac{pd}{2\varphi\sigma},$$

где δ - толщина стенки трубы без учета припуска на коррозию, м; d - диаметр трубы, м; p - избыточное давление газа в трубе, Па; σ - предел прочности материала труб на растяжение, Па; φ - коэффициент ослабления

прочности материала труб в зоне сварки, может принимать значения от 0,85 до 1,0.

Реализация задачи дальнего транспорта газа потребовала разработки и внедрения множества новейших технических решений [7]:

- отечественными металлургическими заводами освоен выпуск стальных труб большого диаметра;

- для увеличения рабочего давления и пропускной способности газопроводов использованы трубы из высококачественных сталей с повышенным пределом прочности;

- в значительной мере автоматизирована сварка стыков труб;

- максимально механизированы земляные и изоляционно-укладочные работы;

- освоены способы прокладки газопроводов в районах глубокого промерзания грунтов.

Чтобы повысить устойчивость сварных швов к образованию горячих трещин, внедрена трехслойная сварка и нормализация индукционным нагревом. При изготовлении труб учитывают влияние углеродного эквивалента на свариваемость, гибкость, пластичность и вязкость. Исследованиями установлено, что требуемые свойства приобретает трубопровод, если листы заготовок выполнить из стали прочностью 600 МПа, содержащей не более 0,14-0,19% углерода и определенный набор микролегирующих компонентов, а свальцованную трубу подвергнуть термоупрочнению до 720 МПа. Согласно принятым нормативным требованиям технологии строительства газопроводов допускается применение труб диаметром 1,4 м на рабочее давление 7,5 МПа. В связи с повышением рабочего давления в трубопроводах более 10 МПа и увеличением диаметра до 1,6 м толщину стенки повышают до 45 мм или применяют бандажированные трубы, предотвращающие лавинное разрушение, что и позволяет экономить до 20% металла.

Потребности развивающейся газовой промышленности решаются на высоком научно-техническом уровне отечественного машиностроения. В

разные периоды развития газовой промышленности выбор привода ГПА определялся уровнем развития топливно-энергетического и машиностроительного комплексов. Так, при создании газотурбинных двигателей ГПА мощностью 6,3, 10 и 16 МВт учитывался накопленный опыт разработки силовых установок авиационной и судовой отраслей промышленности.

Установлены ограничения области наиболее эффективного применения различных видов приводов ГПА [4]:

- поршневые ГПА мощностью до 2 МВт - для технологических вариантов с относительно небольшим уровнем производительности и единичной мощности, но с широким диапазоном давлений и степенью сжатия;

- газотурбинные ГПА - для линейных и дожимных КС, работающих в сложных климатических условиях;

- электроприводные ГПА - для КС в районах крупных энергосистем [3].

Более 85% КС укомплектованы центробежными нагнетателями и приводами газотурбинных установок размерного ряда 2,5-4-6,3-10(12,5)-16-25 МВт, а 12% - электроприводами мощностью до 12,5 МВт.

Магистральный транспорт газа с использованием газотурбинных ГПА отличается высокими энергозатратами. Следует учитывать, что [7] КПД установок с газотурбинным приводом составляет до 35%, с электрическим приводом - 98%, а КПД компрессоров - 95%. ГПА с электрическим приводом имеют ряд преимуществ: высокая надежность; отсутствие вредных выбросов в атмосферу; меньшие шумы, вибрации, пожароопасность, затраты на ремонт; большой срок службы - до 25 лет.

Успешное освоение уникальных по запасам газовых месторождений в Западной Сибири (Медвежье, Уренгойское, Ямбургское, полуостров Ямал и др.) и большой спрос на газ со стороны отечественных и зарубежных потребителей стимулировали сооружение многониточных газотранспортных систем сверхвысокой пропускной способности, состоящих из отдельных МГП с

условным диаметром 1,4 м и рабочим давлением 7,5 МПа, технологически связанных между собой перемычками.

Описанная выше многониточная газотранспортная система сверхвысокой пропускной способности имеет существенные преимущества по сравнению с другими предложенными системами, например, увеличение диаметра трубопровода от 2,0 м до 2,5 м и создание под указанный диаметр труб всего комплекса технической оснастки или переход на транспортировку газа в сжиженном состоянии [1] и др.

К преимуществам многониточных газотранспортных систем относят:

- снижение затрат на строительство и эксплуатацию газопроводов;
- высокую эксплуатационную надежность;
- повышенный в 5-8 раз объем транспортируемого газа;
- возможность маневрирования транспортными потоками при проведении ремонтных работ проложенных в одном технологическом коридоре;
- минимальное снижение объема транспортируемого газа при отказе отдельных участков и др. [3]

В структуре ТЭК на разных этапах происходили значительные изменения. Так, в период индустриализации страны до 1960 г. добыча угля на $\frac{2}{3}$ обеспечивала энергетическую потребность страны. Интенсивным освоением мощных нефтяных месторождений в районах Поволжья, Урала, Туркмении заложены основы дальнейшего развития промышленного производства. Уже к 1976 г. добыча нефти и газового конденсата в ТЭК составляла 68% [1]. Благодаря более низким ценам на газ по сравнению с ценами на уголь и мазут, энергетический потенциал страны получил дальнейшую устойчивую динамику. Показатели роста доли добычи природного газа в ТЭК составили: в 1960 г. - 7%; в 1970 г. - 19%; в 1990 г. - 43%; в 2010 г. - более 50%. На рынки Европейского и Азиатско-Тихоокеанского регионов экспортируется около 200 млрд. м³ природного газа по магистральным газопроводам (МГП) и специальным танкерным флотом.

Богатейшие природные ресурсы нашей страны (в недрах сосредоточено около 30 % мировых запасов каменного угля, 13% нефти, 32% природного газа) и мощный топливно-энергетический комплекс (ТЭК) являются основой устойчивого экономического развития. Рост энергетического потенциала страны идет за счет природного газа, нефти, дешевых углей, гидроэнергии, атомного топлива. По освоению энергетических ресурсов ТЭК России уступает только США, а по внутреннему потреблению - США и Китаю.

Газовая промышленности России, несмотря на непрерывный рост средней дальности газопередачи, а также увеличение затрат на сооружение и эксплуатацию газотранспортных систем в сложных природно-климатических условиях, обеспечила опережающие темпы развития по сравнению с другими отраслями ТЭК.

ЕСГ России включает 155 тыс. км магистральных газопроводов и отводов, из которых 60% имеют диаметр 1,2 м и 1,4 м, 268 КС с 4 тыс. ГПА общей мощностью 44,8 ГВт, 24 подземных газохранилищ общим объемом более 100 млрд. м³, 3633 газораспределительные станции. В 2005 году суммарная годовая производительность ЕСГ составляла 699,7 млрд. м³ газа. По мере реализации новых программ развития ЕСГ до 2020 года предстоит дополнительно ввести в действие 28 тыс. км газопроводов диаметром 1,4 м на давление 7,5 МПа - 10 МПа, а также 144 КС общей мощностью 10 ГВт [4].

По мере освоения новых месторождений и роста добычи газа в стране возрастает протяженность газовых сетей, количество газифицированных населенных пунктов. Доля секторов народного хозяйства России в потреблении газа населением и коммунально-бытовым хозяйством составляет более 20%.

Более половины электроэнергии в стране ежегодно вырабатывается за счет сжигания газа [1], 6% дают ГЭС и АЭС, а почти 40% получают при сжигании угля и мазута [2]. Некоторые альтернативные варианты производства электроэнергии вытекают из сравнения значений КПД: ТЭС - до 40%, ГЭС - 89%, ЛЭП - 92%. Отсюда следует, что газ из малоэффективных месторождений,

а также добываемый из угольных пластов, целесообразнее использовать ближе к местам добычи для выработки тепловой и электрической энергии.

Металлургическая промышленность России потребляет 8% природного газа для выплавки высококачественной стали непосредственно из руды взамен традиционной схемы [7]: доменная печь - кислородный конвертер. Основными причинами развития процессов бескоксовой металлургии и спроса на природный газ являются ограниченность ресурсов коксующихся углей, возрастающая их зольность и повышение требований к качеству выплавляемой стали. Получение стали идет по схеме: офлюсовываемые окатыши из мелкораздробленной обогащенной руды восстанавливают в шахтных печах конверсионным газом при температуре около 1000 °С и давлении 0,4 МПа до получения губчатого железа (90-95% Fe), из которого в дуговых электропечах выплавляют высококачественную сталь. Восстановительный газ получают путем паровой конверсии природного газа, в результате чего он разлагается на водород и окись углерода. При производительности шахтной печи 1200 т в сутки расход энергоресурсов на 1 т выплавленной стали составляет: 330 м³/т природного газа и 140 кВт/т электроэнергии, тепловой КПД процесса - 70%.

Химическая и нефтехимическая промышленность - важнейшая и быстро развивающаяся отрасль тяжелой индустрии потребляет более 7% природного газа на производство минеральных удобрений и средств защиты для сельского хозяйства; резинотехнических изделий; полимерных материалов и синтетических красителей; ассортимента химических реактивов; синтетических смол и пластмасс; деталей машин и приборов из пластмасс; химических волокон и нитей; разнообразных товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода и др. В производстве труб 1 т пластмасс заменяет 5 т металла. А из высококачественного синтетического каучука, технологию производства которого разработал известный ученый С.В.Лебедев, ежегодно изготавливают более 50 млн. автопокрышек.

Однако ресурсный потенциал в стране используется недостаточно эффективно. Известно, что на единицу выпускаемой продукции в России

расходуется в 3 раза больше энергии, чем в США и в Западной Европе, и в 4 раза больше, чем в Японии [6]. Потенциал энергосбережения в России оценивается в 30-40% к суммарному потреблению первичных энергоресурсов [6].

Имеются большие резервы в области внедрения энергосберегающих технологий, а также резервы экономии газа в промышленных и отопительных котельных установках, где эксплуатируют технологические печи, газотурбинные установки, сушильные агрегаты с низким КПД, около 30% [5].

Газовая отрасль промышленности сама является крупным потребителем природного газа - на добычу, переработку и транспортировку газа расходуется до 10%. Технологические потери углеводородного топлива на факелах газоперекачивающих заводов и установок комплексной подготовки газа составляют 1%.

Экономичность использования природного газа потребителями во многом зависит от транспортной составляющей в его стоимости и от протяженности транспортных коммуникаций. В отдельные периоды мирового экономического развития газоснабжение на внутреннем рынке при текущих ценах на газ было убыточно. ОАО «Газпром» ведет интенсивный поиск путей выхода на прогрессивные и энергосберегающие технологии, более эффективное использование природного газа, создание единого рынка тепла, электроэнергии и газа, которые позволили бы убыточные проекты сделать коммерчески выгодными для потенциальных потребителей газа.

Согласно представленной ОАО «Газпром» концепции развития систем газоснабжения следует повышать эффективность новых программ и соблюдать технологические принципы:

- проведение энергосберегающих мероприятий в сфере распределения и потребления газа с целью высвобождения его для нужд газоснабжения;
- использование альтернативных источников газоснабжения (компримированные и сжиженные газы);

- вовлечение в региональный энергетический рынок нетрадиционных ресурсов, включая малые месторождения газа, низконапорные запасы газа, а также газ из угольных и газогидратных пластов;
- расширение сферы использования газа в качестве моторного топлива на транспорте;
- производство тепла и электроэнергии на основе природного газа для обеспечения небольших городов и сельских населенных пунктов;
- мониторинг и диагностика технологической цепочки поставки газа потребителю;
- применение в строительстве новых полимерных материалов, конструкций труб и соединительных элементов, новых технологий;
- организация производства и внедрение эффективного газоиспользующего оборудования.
- улучшение экологической обстановки, сохранение природно-ресурсного потенциала, снижение техногенного воздействия объектов газораспределения на природную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антониади Д.Г., Гапоненко А.М., Вартумян Г.Т., Срельцова Ю.Г. Современные технологии интенсификации добычи высоковязкой нефти и оценка эффективности их применения: Учеб. пособие. - Краснодар: ООО «Издательский Дом - Юг», 2011. – 420 с.
2. Вадецкий Ю.В., Гельфгат М.Я. и др. Я.А. Гельфгат: О людях, времени и бурении скважин... - М.: Московское отд. «Нефть и газ», 2008. - 465 с.
3. Кунина П.С., Павленко П.П., Величко Е.И. Диагностика энергетического оборудования трубопроводного транспорта: Монография. - Краснодар: ООО «Издательский Дом - Юг», 2010. - 552 с.
4. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов. - Санкт Петербург: Недра, 2008. - 488 с.
5. Мишин В.М. Переработка природного газа и конденсата. - М.: <http://ntk.kubstu.ru/file/340>

Издательский центр «Академия», 1999. - 448 с.

6. Широков В.А. Энергосбережение и охрана воздушного бассейна на предприятиях газовой промышленности: Учеб. пособие. - М.: Издательский центр «Академия», 1999. - 288 с.

7. Чудаков Г.М., Иванов М.Г. Развитие систем газоснабжения и способы их решения. М.: Ежемесячный информационно-аналитический журнал «Нефть, газ и бизнес», -2014 №10 С 3-7.

REFERENCES

1. Antoniadis D.G., Gaponenko A.M., Vartumyan G.T., Sreltsova Yu.G. Sovremennye tekhnologii intensivatsii dobychi vysokovyazkoy nefti i otsenka effektivnosti ikh primeneniya: Ucheb. posobie. - krasnodar: ООО «Izdatelskiy Dom - Yug», 2011. – 420 P.

2. Vadetskiy Yu.V., Gelfgat M.Ya. I Dr. Ya.A. Gelfgat: O lyudyakh, vremeni i burennii skvazhin... - M.: moskovskoe otd. «Neft i gaz», 2008. - 465 P.

3. Kunina P.S., Pavlenko P.P., Velichko E.I. Diagnostika energeticheskogo oborudovaniya truboprovodnogo transporta: monografiya. - Krasnodar: ООО «Izdatelskiy Dom - Yug», 2010. - 552 P.

4. Korshak A.A., Nechval A.M. Proektirovanie i ekspluatatsiya gazonefteprovodov: uchebnyy dlya vuzov. - Sankt Petersburg: Nedra, 2008. - 488 P.

5. Mishin V.M. Pererabotka prirodnoy gazy i kondensata. - M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 1999. - 448 P.

6. Shirokov V.A. Energoberezhenie i okhrana vozdušnogo basseyna na predpriyatiyakh gazovoy promyshlennosti: Ucheb. posobie. - M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 1999. - 288 P.

7. Chudakov G.M., Ivanov M.G. Razvitie sistem gazosnabzheniya i sposoby ikh resheniya. M.: Ezhemesyachnyy informatsionno-analiticheskiy zhurnal «Neft, gaz i biznes», -2014 №10 P 3-7.

DEVELOPMENT OF GAS INDUSTRY IN RUSSIA

G.M. CHUDAKOV, M.G. IVANOV

*Kuban State University of Technology
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072*

The article deals with the rational use of natural gas resource potential, reducing the technological losses, save gas, the problem of gas supply systems and their solutions

Keywords: energy liquefied and compressed natural gas, gas pipeline, unified gas supply system, gas consumers, the concept of gas supply systems.