

*Посвящается 125-летию кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебник освещает вопросы газоснабжения и использования газа в городах и населенных пунктах. В нем приведены физико-химические характеристики природных и сжиженных углеводородных газов, биогазов и искусственных газов. В книге последовательно отражены основные вопросы газоснабжения населенных пунктов, котельных и промышленных предприятий. Рассмотрены конструкции отечественного и импортного газового оборудования, автоматика регулирования и безопасности, а также устройство систем газоснабжения. Рассмотрены вопросы экономичного и безопасного сжигания газа в многообразных теплогенерирующих установках. Освещены вопросы проектирования и эксплуатации.

Материалы соответствуют учебной рабочей программе курса «Газоснабжение», предусмотренного учебным планом для бакалавров и магистров специальности 290700. Эта дисциплина является профилирующей, обеспечивающей углубленную профессиональную подготовку бакалавров для производственной и проектно-конструкторской деятельности в области проектирования, монтажа и эксплуатации систем газоснабжения.

Даны сведения об основных категориях потребителей и режимах потребления газа. Приведены методики определения расчетных расходов газа и гидравлического расчета газовых сетей. Рассматриваются назначение и принципы работы газорегуляторных пунктов, установок и оборудования, входящего в их состав.

Книга предназначена для студентов специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция», обучающихся по программам подготовки бакалавров и магистров по специальностям «Строительство» и «Теплоэнергетика и теплотехника» любых форм обучения, а также для студентов всех специальностей технического профиля, изучающих курс «Теплогазоснабжение и вентиляция». Учебник будет полезен аспирантам и научным работникам, учащимся средних профессиональных учебных заведений при изучении предметов, связанных с газоснабжением, а также слушателям курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки. Издание может заинтересовать широкий круг специалистов, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией систем газоснабжения.

# ГЛАВА 1

## ГАЗОСНАБЖЕНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### 1.1. История развития газоснабжения в РФ

Начало развития газовой промышленности в России относится к 1922 г., когда в Сураханах из скважины был получен газовый фонтан. Этим фонтаном газа заинтересовались предприятия, занимавшиеся добычей нефти в Баку. Началось бурение скважин специально для добычи газа. Газ, добываемый из скважин, по трубам подавался на нефтеперерабатывающие заводы, где он использовался в качестве топлива при переработке нефти. Русский ученый Д. И. Менделеев, придававший большое значение использованию газа, писал, что «газ — это топливо будущего, при использовании которого не может быть и речи ни о полном горении, ни о дыме». Он впервые высказал идею использования газа в качестве сырья для химической промышленности [50].

К началу 1930-х гг. в нашей стране были открыты и изучены четыре месторождения природного газа: Дагестанские Огни, Мельниковское, Ставропольское и Мелитопольское. Но большого применения природный газ в то время не получил. В 1931 г. по инициативе А. Е. Ферсмана и И. М. Губкина проводилась II Всероссийская газовая конференция, на которой впервые был рассмотрен вопрос об использовании природного газа в промышленности и в быту. В результате принятых мер по поиску газовых месторождений в конце 1930-х гг. в нашей стране было открыто более 50 газовых месторождений в Ставропольском и Краснодарском краях, Азербайджане, на Украине, в Средней Азии, Саратовской, Куйбышевской, Оренбургской областях, на Северном Кавказе и в других районах. Открытие этих месторождений давало возможность развивать газовую промышленность в нашей стране ускоренными темпами.

Первый газопровод в СССР (диаметром 200 мм и длиной 68 км) был построен в 1940–1941 гг. в Западной Украине от Дашавского газового месторождения до г. Львова. Работы по открытию и вводу в эксплуатацию месторождений природного газа не прекращались и в годы Великой Отечественной войны: в 1942 г. вводится в эксплуатацию Елшано-Курдюмское газовое месторождение (Саратовская обл.); в 1943 г. построены газопроводы «Похвистнево — Куйбышев», «Елшанка — Саратов», «Бугуруслан — Куйбышев», «Курдюм — Князевка» и др. В 1944 г. началось строительство магистрального газопровода «Саратов — Москва» протяженностью 800 км из труб диаметром 325 мм, который был введен в эксплуатацию в 1946 г. В связи с дальнейшим открытием и введением в эксплуатацию новых газовых и газоконденсатных месторождений в 1950-х гг. продолжается развитие газовой промышленности в нашей стране. Для подачи газа из Украины в Москву в начале 1950-х гг. был построен газопровод «Дашава — Киев — Брянск — Москва» протяженностью 1300 км и диаметром 529 мм, а также газопровод «Саратов — Москва» протяженностью 843 км и диаметром 300 мм. Строительство последнего обеспечило условия для широкой газификации Москвы на базе природного газа. В 1943 г. был построен газопровод «Бугуруслан — Куйбышев» длиной 160 км и диаметром 350 мм.

В 1960-х гг. были построены магистральные газопроводы с Северного Кавказа в центр страны с отводами «Серпухов — Ленинград», а также велось строительство системы газопроводов с газовых месторождений Средней Азии: «Бухара — Урал», «Средняя Азия — Центр» и др. Протяженность магистральных газопроводов к концу 1960-х гг. составила 67 500 км, а объем добычи газа в стране — 45,3 млрд м<sup>3</sup>.

Бурное развитие газовой промышленности началось с открытия уникальных по составу и запасам газовых месторождений природного газа северных районов Тюменской области. В 1953 г. здесь было открыто Березовское газовое месторождение, а в 1965 г. был построен первый на севере газопровод «Игрим — Серов», по которому природный газ подавался с Березовского газового месторождения на Северный Урал.

Освоение газовых месторождений в Западной Сибири было связано с большими трудностями. Необходимо было решать сложные проблемы при добыче и транспортировке газа, связанные с заболоченностью территории, вечной мерзлотой, суровыми климатическими условиями. Несмотря на все трудности и сложности, газовая промышленность в Западной Сибири развивалась невиданными темпами. Так, в 1972 г. вводится в эксплуатацию крупнейшее газовое месторождение Медвежье, а уже в 1978 г. месторождение выводится на проектный уровень добычи — 65 млрд м<sup>3</sup> газа в год.

В 1978 г. вводится в эксплуатацию Уренгойское газоконденсатное месторождение, а в 1980 г. годовая добыча газа здесь достигает 50 млрд м<sup>3</sup>. Были введены и другие газовые месторождения, среди которых и уникальное Ямбургское. В 1991 г. в Западной Сибири добывали 542 млрд м<sup>3</sup>, что составляло 84% от всей добычи газа в стране.

Для передачи газа в центральные и другие регионы страны были построены магистральные газопроводы. В начале 1986 г. общая протяженность магистральных газопроводов составляла 174 тыс. км. В 1981–1985 гг. была построена и введена в эксплуатацию шестиниточная система газопроводов из Уренгоя в Центр. Каждая нитка этой системы имела диаметр труб 1420 мм. Большое значение сыграл построенный и введенный в эксплуатацию экспортный газопровод «Уренгой — Помары — Ужгород». Подача газа с месторождений Западной Сибири в то время осуществлялась по системе многониточных магистральных газопроводов диаметром 1420 мм с рабочим давлением 7,5 МПа по трем направлениям: Северному («Уренгой — Надым — Ухта — Торжок»), обеспечивавшему потребителей северо-западных районов страны, Белоруссии, Центра, Прибалтики; Центральному («Уренгой — Надым — Пун-та — Нижняя Тура — Центр»), служившему для обеспечения газом Уральского, Поволжского, Волго-Вятского и Центрального районов; Южному («Уренгой — Сургут — Челябинск — Петровск»), осуществлявшему снабжение районов Западной Сибири, Южного Урала, Среднего Поволжья.

Потенциальные запасы газа в нашей стране оцениваются более чем в 200 трлн м<sup>3</sup>. По прогнозным оценкам, добыча газа в России к 2030 г. составит более 800 млрд м<sup>3</sup> в год.

Дальнейший рост добычи газа в России продолжается с вводом месторождений севера Тюменской области, таких как Юбилейное, Харвутинское, Ямсовейское. На полуострове Ямал открыто около 30 месторождений, среди которых первоочередные: Харосовское, Бованенковское, Круzenштернское др. На газовых месторождениях полуострова Ямал запасы газа оцениваются более чем в 10 трлн м<sup>3</sup>. Приступили к освоению заполярного Гипонтского газового месторождения, добыча газа на котором в ближайшие годы планируется в размере 100 млрд м<sup>3</sup> в год. Большие перспективы имеет разработка Штокманского газоконденсатного месторождения и др. [50].

Начиная с 1966 г. наша страна экспортирует газ во многие страны.

Использование газового топлива позволяет внедрять эффективные методы передачи теплоты, создавать экономичные и высокопроизводительные агрегаты, а также повышать качество промышленной продукции.

Газовая отрасль России — одна из основных бюджетообразующих отраслей экономики. Она занимает 8% в структуре ВВП, обеспечивает до 25% доходов бюджета, а также более 19% валютной выручки государства за счет экспортных поставок газа.

Приоритетными направлениями использования природного газа являются коммунально-бытовое потребление (отопление, горячее водоснабжение, приготовление пищи) с соответствующим развитием газификации, государственные нужды (оборона, резервы и др.), обеспечение нетопливных нужд (производство минеральных удобрений, сырья для газохимии и пр.) и поставки газа по долгосрочным контрактам на экспорт. В Энергетической стратегии отмечается, что в ближайшие годы продолжится газификация регионов России, в том числе крупных промышленных центров южной части Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока.

В газовой промышленности с целью повышения эффективности ее функционирования предусматривается внедрение достижений научно-технического прогресса, связанных с использованием прогрессивных технологий бурения, добычи, переработки и потребления газа.

## **1.2. Основные действующие и перспективные месторождения**

Россия по праву считается одним из лидеров по разработкам, добыче и поставкам газа на мировой рынок. Природа щедро одарила ее этим видом сырья. Разработано и освоено около двухсот месторождений по добыче газа и газового конденсата. Пик открытий месторождений пришелся на конец 1960-х — начало 1980-х гг. Основные залежи были обнаружены в районах Заполярья, Северо-Западной Сибири и на Дальнем Востоке. Некоторые газовые месторождения РФ являются не только крупнейшими в мире, но и уникальными.

Уренгойское месторождение относится к разряду гигантских. По количеству запасов газа оно прочно занимает третье место на планете. Объем газа, который оно способно выдать, оценивается примерно в 16 трлн м<sup>3</sup>. Впервые месторождение было обнаружено в Ямalo-Ненецком автономном округе в 1966 г.,

недалеко от поселка Уренгой. Уже в 1978 г. начала производиться добыча, а с 1984 г. газ Уренгоя стал поставляться в западные страны. На сегодняшний день выработано почти 70% запасов, но разработки не теряют своей интенсивности. Так, с 2009 г. ведется разработка Ачимовских слоев Уренгойского месторождения, что дает возможность получать больше 90% газового конденсата.

Ямбургское имеет запасы примерно в 8,2 трлн м<sup>3</sup> газа и относится к крупнейшим мировым месторождениям. Его открытие в 1969 г. было сделано на полуострове Тазовский в Ямalo-Ненецком автономном округе. В 1980 г. газ этого месторождения стал добываться в промышленных масштабах. К особенностям Ямбургского месторождения можно отнести добычу газа в условиях вечной мерзлоты, толщина промерзшей земли доходит до 40–50 м. Бурение производится на глубину от 1 до 3 км.

Бованенковское месторождение, открытое в 1971 г. на полуострове Ямал, по запасам газа также не уступает многим мировым. Его объем — 4,4 трлн м<sup>3</sup>. С 2001 г. по тем или иным причинам добыча газа из этого месторождения постоянно прерывалась. После начала постоянной добычи в 2012 г. с этого месторождения газ начал активно поставляться на экспорт.

Штокмановское месторождение по праву входит в число самых богатых по запасам газа и газового конденсата. Объемы газа и конденсата, находящиеся там, исчисляются цифрами в 3,94 трлн м<sup>3</sup> и 56 млн т соответственно. Оно было открыто в 1981 г., а пробная добыча произведена в 1988 г. Находится в Баренцевом море, между Мурманском и Новой Землей. Глубины моря от 300 до 400 м. Сроки пуска месторождения на полную мощность постоянно переносятся. Последние данные указывали на 2019 г.

Ленинградское газоконденсатное месторождение было открыто в 1992 г. Количество газа, находящегося там, около 3 трлн м<sup>3</sup>. Залежи конденсата оцениваются примерно в 3 млн т. Месторождение находится в юго-западной части Карского моря.

Русановское газовое месторождение относится к числу уникальных. Открытие приходится на 1992 г. Расположено на континентальном шельфе Северо-Западной платформы в Карском море. Запасы оцениваются 779 млрд т газа и 7,8 млн т газового конденсата. Основные разрабатываемые запасы находятся на глубинах от 1,5 до 2,5 км.

Заполярное газоконденсатное месторождение было открыто в 1965 г. между Уренгоем и поселком Тазовский. По запасам газа относится не только к крупнейшим месторождениям в России, но и занимает пятое место в мире. Начальные запасы были определены в 2,6 трлн м<sup>3</sup>. Запуск в эксплуатацию произошел в 2001 г.

Медвежье газовое месторождение, открытое в 1967 г., является не только крупнейшим, но и уникальным. С 1972 г. находится в постоянной эксплуатации. Располагается в Ямalo-Ненецком округе. Начальные запасы газа были оценены в 4,7 трлн м<sup>3</sup>. На сегодняшний день выработано почти наполовину. По количеству добываемого газа это месторождение выдает около 4% всей газовой добычи России.

Астраханское месторождение газа берет свое начало с 1976 г. Оно было обнаружено рядом с Астраханью и вошло в состав Прикаспийского района разработок нефти и газа. Предполагаемые запасы: 2,5 трлн м<sup>3</sup> газа и 400 млн т конденсата. Полномасштабная эксплуатация началась в 1987 г. В 2014 г. под Астраханью найдено еще одно крупное месторождение газа. Открытие, сделанное впервые за последние 20 лет, говорит о том, что этот район еще богат полезными ископаемыми.

«Сахалин-3» — это проект по освоению и разработке нескольких крупных газовых месторождений, открытых и открываемых с конца 1970-х гг. в Тихом океане восточнее острова Сахалин. Основными считаются: Киринское, Южно-Киринское и Мынгинское газовые месторождения. Планируется произвести добчу газа на уровне 1,1 млрд м<sup>3</sup> газа. Начальные запасы месторождения — 162,5 млрд м<sup>3</sup> газа.

Одним из самых перспективных векторов развития нефтегазодобычи на ближайшие десятилетия является освоение Арктики. В этом регионе обнаружено огромное количество месторождений. Согласно оценкам специалистов Геологической службы Соединенных Штатов, только доказанные залежи углеводородов таковы:

- газовый конденсат — 45 млрд баррелей;
- газ — 47,5 трлн м<sup>3</sup>;
- нефть — 95 млрд баррелей.

При этом наибольшими запасами обладает Россия. На сегодняшний день суммарные ресурсы полезных ископаемых составляют более 76 млрд т. На газ приходится 84% всех месторождений. Аналитики прогнозируют, что к середине столетия Арктика станет основным поставщиком углеводородного сырья на мировой рынок. Для освоения подобных месторождений необходимо изготовление уникальных технических средств и внедрение инновационных технологий.

Добыча смещается в океан. Прибрежные зоны все больше вовлекаются в мировой процесс разработки полезных ископаемых. По подсчетам экспертов, в недрах морского дна покоятся углеводородов в 3,5 раза больше, чем на материалах. Примерно 22% водной поверхности планеты — это окраины материков. Динамику роста доли добычи нефти в шельфовых зонах можно проследить по данным Газпрома, приведенным на рисунке 1.1.

Обладателями обширнейших перспективных месторождений являются следующие государства.

**Иран.** Основные залежи газового топлива и нефти находятся в прибрежной зоне Персидского залива и на северо-востоке материковой части страны. Залежи газа оцениваются в 35 трлн м<sup>3</sup>, что составляет 18,3% от общемировых резервов. В ближайшие годы начнется широкое освоение нефтегазоносной провинции Южный Парс.

**Россия.** Разведанные запасы — 32,6 трлн м<sup>3</sup>. Перспективными углеводородными провинциями являются шельфовые территории в Охотском море и на севере. В Карском и Баренцевом морях найдены уникальные газоносные месторождения: Ленинградское, Штокмановское и Русановское, а также нефтекон-

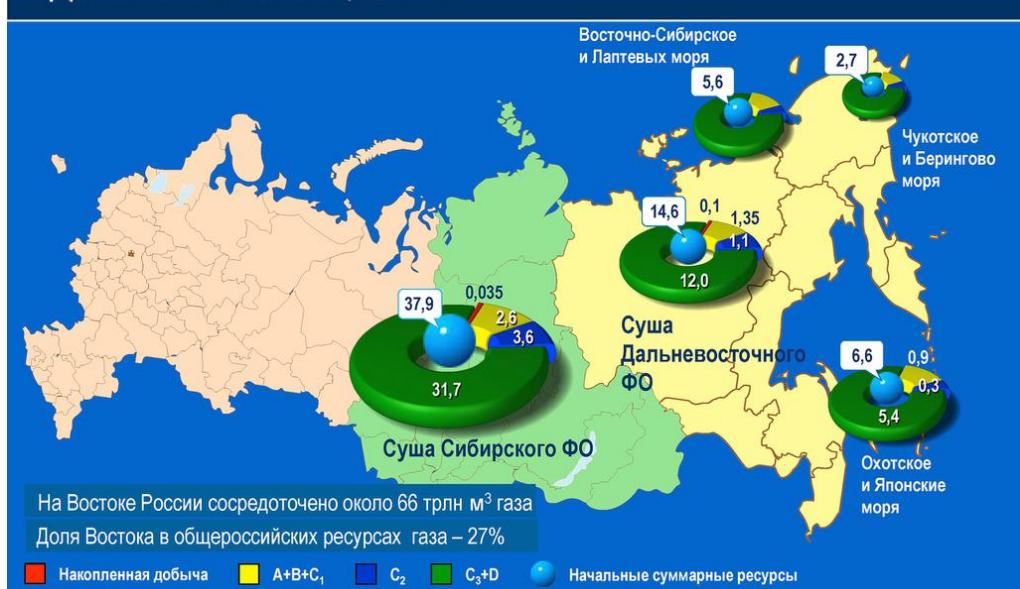
денсатное Северо-Гуляевское. Самое обширное в мире месторождение Штокмановское располагает более чем 4 трлн м<sup>3</sup> газа.

**Туркмения.** Только в одной перспективной провинции Галкыныш, по оценкам геологов, находится более 26 трлн м<sup>3</sup> газа.

**Катар.** Массовое бурение скважин началось только в конце 1990-х гг. Разведанные запасы газоносной провинции Норз Доум, расположенной на шельфе Персидского залива, составляют 71 трлн м<sup>3</sup>.

**Саудовская Аравия.** Разведанные запасы голубого топлива насчитывают 8,3 трлн м<sup>3</sup>. В ближайшей перспективе планируется освоение месторождений Дорра в нейтральной зоне посреди Аравийской пустыни и Мидьян на крайнем северо-западе государства. Мощность перспективной нефтяной провинции на шельфе Саффания оценивается в 5 млрд т.

### Начальные суммарные ресурсы газа Восточной Сибири и Дальнего Востока, трлн м<sup>3</sup>



**Рис. 1.1**  
*Газовые ресурсы России*

У берегов Северной Америки крупными залежами на ближайшие десятилетия может похвастаться Мексиканский залив. На шельфе вблизи побережья США разведано около 140 месторождений нефти и газа. В мексиканском секторе шельфа одним из богатейших в мире является перспективная провинция Реформа (Кампече) с разведанными запасами свыше 7 млрд т нефти.

**Венесуэла.** Открыто крупнейшее месторождение нефти Лагуна Маракайбо, гарантированные залежи которого составляют более 7 млрд т.

**ОАЭ.** Одним из мощнейших разведанных месторождений в мире считается газовый резервуар Хуфф, расположенный под нефтеносными горизонтами в Абу-Даби. Запас оценивается экспертами в 5,7 трлн м<sup>3</sup>.

**Казахстан.** Супергигантская нефтегазовая провинция открыта на севере Каспия. Запасы перспективного нефтяного бассейна Кашаган эксперты оценивают в 6,4 млрд т.

В Китае перспективными среди материковых нефтяных месторождений считаются нефтегазоносные бассейны Джунгар, Тарим и Ордос. Разведанные запасы нефти этих провинций составляют не менее 93,4 млрд т. В прибрежной акватории обнаружено несколько месторождений с суммарными запасами в 15,3 млрд т.

**Индия.** Крупное месторождение нефти обнаружено в 2014 г. в окрестностях города Ахмедабад.

В настоящее время построена единая система газоснабжения России. Схема системы газопроводов природного газа приведена на рисунке 1.2.

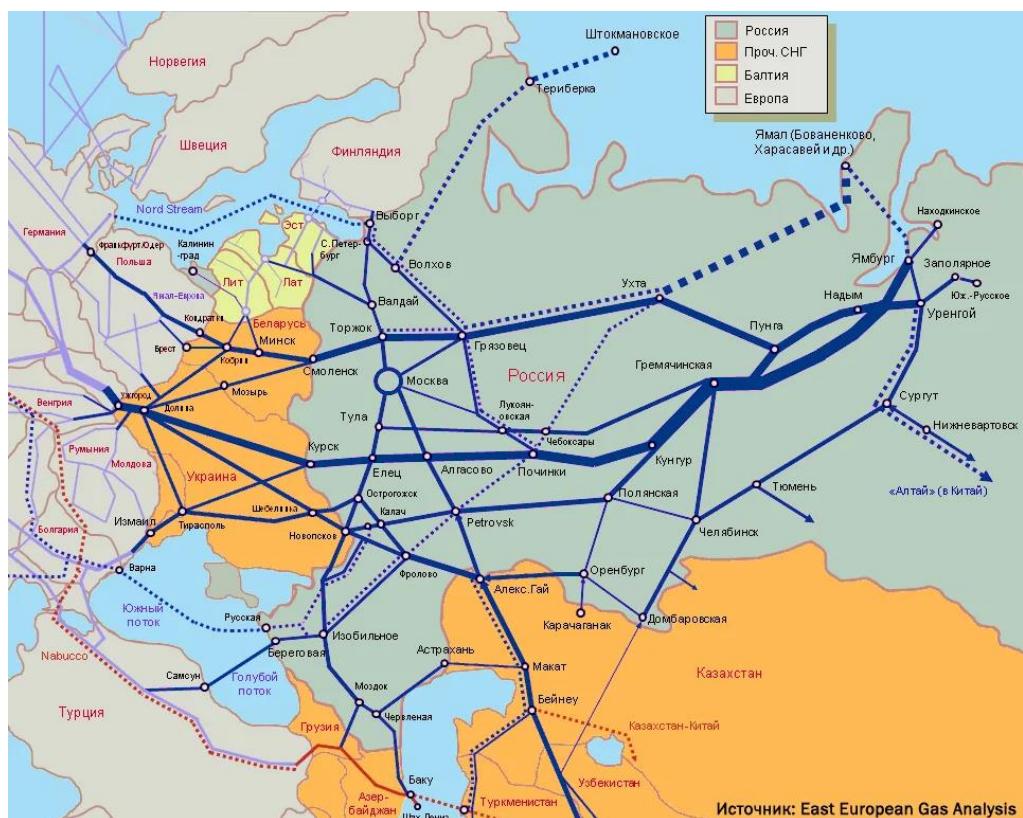


Рис. 1.2  
Единая система газоснабжения России

### 1.3. Система газоснабжения Санкт-Петербурга

Система газоснабжения Санкт-Петербурга имеет 200-летнюю историю. Первые работы по организации, получению и использованию светильного (искусственного) газа были начаты в 1818 г. по инициативе генерал-губернатора

Санкт-Петербурга М. А. Милорадовича. Уже осенью 1818 г. на Аптекарском острове был зажжен первый осветительный газовый фонарь. С этого времени газовые фонари стали применяться для освещения улиц, дворцов, театров и домов знатных горожан. В здании Главного штаба сияла люстра, в которой насчитывалось 336 газовых рожков. С появлением электричества в конце XIX в. произошла переориентация горючего газа для удовлетворения топливных потребностей и бытовых нужд населения. Было газифицировано около 10 тыс. квартир в центральной части города. Плиты, водонагреватели и другое газовое оборудование разрабатывались и изготавливались на заводах Санкт-Петербурга. В 1941 г. в Ленинграде пользовались коксовым газом 150 тыс. человек. Великая Отечественная война прервала работы по дальнейшей газификации города. К концу 1941 г. газ перестал поступать в квартиры ленинградцев. Заводы, газовые сети и сооружения на них были сильно повреждены артиллерийскими обстрелами и постоянной бомбёжкой. Сразу после войны был восстановлен и реконструирован коксогазовый завод на Обводном канале. 15 января 1946 г. население центральных районов Ленинграда вновь получило газ. В июне 1957 г. было принято историческое решение о снабжении Ленинграда природным газом. Так началась новейшая история развития системы газоснабжения Ленинграда. В 1959 г. была налажена подача природного газа из Ставропольского месторождения по магистральному газопроводу «Серпухов — Ленинград» диаметром 720 мм и протяженностью 803 км. Проектная мощность газопровода — 4,2 млрд м<sup>3</sup> природного газа в год. 8 августа 1959 г. на ГРС «Шоссейная» был зажжен факел природного газа. В 1968 г. был запущен в эксплуатацию второй магистральный газопровод природного газа «Белоусово — Ленинград» диаметром 1020 мм и протяженностью 857 км, проложенный параллельно газопроводу «Серпухов — Ленинград». К началу 1970-х гг. в Ленинграде было проложено 1791 км уличных газовых сетей (в том числе высокого давления — 189 км, среднего — 613 км), 1913 км — дворовых, четыре газогольдерных станции, 104 дюймера, пять мостопереходов, 318 сетевых и 219 шкафных газорегуляторных пунктов. Пушкин и Петродворец также были обеспечены природным газом. Сестрорецк, Кронштадт, Зеленогорск и прилегающие к ним поселки снабжались сжиженным углеводородным газом. Позднее, в 1972 г., был построен газопровод «Ленинград — Выборг — Госграница» для подачи газа в Финляндию.

Для выравнивания сезонной неравномерности и бесперебойного снабжения Ленинграда и области в зимний период городу были необходимы резервные запасы газа, и с 1963 г. были введены в строй Колпинское и Гатчинское, а позднее и Невское подземные хранилища газа в пористых водоносных пластах. Гатчинское хранилище газа — единственное в мировой практике создано в пологозалегающем пласте. В это же время стала работать Ленинградская станция подземного хранения газа. В соответствии с генеральной схемой, разработанной институтом Ленгипроинжпроект, система газоснабжения города была реконструирована, а по сути — построена заново для приема смешанного (смесь сланцевого и природного) и в дальнейшем — природного газа. Был решен комплекс научно-технических проблем, обеспечивающих высокую пропускную способность, надежность и экономичность системы газоснабжения. В эти годы

(1955–1965) шло массовое строительство газопроводов, сооружений и установок новой системы газоснабжения Ленинграда.

В 1972 г. закончилось строительство кольцевого газопровода высокого давления вокруг Ленинграда, обеспечившего бесперебойное снабжение потребителей газом. В конце 1980-х гг. подача газа в Ленинград в зимний период превысила 35 млн м<sup>3</sup> в сутки; протяженность газовых сетей составила 4850 км; было газифицировано 1,26 млн квартир; газ получили свыше 11 тыс. промышленных предприятий и культурно-бытовых объектов. В Ленинграде потреблялось около 12 млрд м<sup>3</sup> природного газа и 15 тыс. т сжиженного газа в год.

Сегодня городское газовое хозяйство Санкт-Петербурга представляет собой сложную многоступенчатую инженерную систему подачи, распределения и регулирования газа с газораспределительными станциями (ГРС), газорегуляторными пунктами (ГРП), газопроводами высокого, среднего и низкого давления, а также структурными подразделениями, обеспечивающими подачу газа потребителям и безопасную эксплуатацию системы газоснабжения. Производится реконструкция существующих систем газоснабжения и строительство новых для обеспечения покрытия тепловых и электрических нагрузок городского хозяйства и улучшения социальных условий проживания населения пригородов. В результате производится реконструкция газораспределительных станций и городских пунктов редуцирования газа, реконструкция более 2000 км газовых сетей высокого и среднего давления. Рядом с компрессорной станцией «Портовая» возводится комплекс по производству, хранению и отгрузке СПГ мощностью 1,5 млн т в год. Продолжается работа по проекту строительства крупнотоннажного завода «Балтийский» в районе морского порта Усть-Луга. Производственная мощность завода составит 10 млн т сжиженного газа в год. Отдельное внимание уделяется развитию системы газоснабжения Ленинградской области. Уровень газификации области увеличен с 49,9 до 91,1% (в среднем по России — 68,1%). Схема магистральных газопроводов в Ленинградской области приведена на рисунке 1.3.

**Историческая справка.** Н. Л. Стаскевич создал ленинградскую российскую школу газовиков, в состав которой вошли известные в стране специалисты: К. Ф. Горшков, С. А. Курюкин, И. А. Шур, Г. Н. Северинец, Г. П. Комина, Б. И. Млодок, Н. Д. Георгиевская, И. А. Иссерлин, Н. А. Барбухин, М. А. Нечеев, А. Н. Плотникова, В. Е. Берхман, А. В. Шалин, Б. М. Кривоногов, А. Л. Шкаровский и многие другие. В период Великой Отечественной войны (1941–1945) под руководством Н. Л. Стаскевича и при непосредственном его участии было организовано производство светлых жидкых продуктов и газа из отходов резины, кислого гудрона, древесных смол и других материалов. Это позволило в трудные годы блокады перевести значительную часть автомобильного транспорта на заменители бензина, доставка которого в Ленинград была весьма затруднительной, а иногда и невозможной.

Профессор Стаскевич и его научная и инженерная школа газовиков впервые разработали и внедрили многоступенчатую систему газоснабжения Ленинграда, предложили и обосновали метод ее бесперебойного перевода с искусственного на смешанный газ и далее на природный газ. Был решен комплекс

научно-технических проблем, обеспечивающих высокую пропускную способность, надежность и экономичность системы газоснабжения.

Под руководством Н. Л. Стаскевича в институте «Ленгипроинжпроект» были разработаны проекты газоснабжения более 100 городов и крупных населенных пунктов страны, среди которых Рига, Минск, Волгоград, Таллин, Вильнюс, Ташкент, Воронеж, Челябинск и др.



**Рис. 1.3**  
Схема магистральных газопроводов Ленинградской области

#### 1.4. Технические, экономические и экологические преимущества использования природного газа

По сравнению с другими видами топлива природный газ имеет следующие преимущества:

- низкую себестоимость;
- высокую теплоту сгорания, обеспечивающую целесообразность транспортирования его по магистральным газопроводам на значительные расстояния;
- полное сгорание, облегчающее условия труда персонала, обслуживающего газовое оборудование и сети;
- отсутствие в его составе оксида углерода, что особенно важно при утечках газа, возникающих при газоснабжении коммунальных и бытовых потребителей;

- высокую жаропроизводительность (более 2000°C);
- возможность автоматизации процессов горения и достижения высоких КПД.

Кроме того, природный газ является ценным сырьем для химической промышленности.

Использование газового топлива позволяет внедрять эффективные методы передачи теплоты, создавать экономичные и высокопроизводительные тепловые агрегаты с меньшими габаритами, стоимостью и высоким КПД, а также повышать качество продукции.

В экологическом отношении природный газ является самым чистым видом минерального топлива. При сжигании различных видов топлива могут образовываться вещества, загрязняющие воздушный бассейн: зола, сажа, оксиды серы, углерода, азота, ароматические и канцерогенные вещества. Одним из эффективных средств борьбы с загрязнением воздушного бассейна городов является замена твердого и жидкого топлива природным газом. При сжигании газа не образуются твердые частицы. Если природный газ содержит сероводород, то его обязательно очищают, исключая возможность образования оксидов серы при сжигании. В настоящее время разработаны и внедрены газогорелочные устройства, обеспечивающие полноту сгорания газа с минимальным содержанием оксида углерода в уходящих топочных газах. Основными загрязнителями воздушного бассейна, которые сохраняются и при сжигании газа, являются оксиды азота. Однако при соответствующей организации процесса сжигания газообразного топлива их количество можно существенно снизить.

Мероприятия по охране окружающей среды при строительстве газопроводов заключаются в локализации неблагоприятного воздействия строительного производства на земельные, водные и воздушные ресурсы. Задача уменьшения неблагоприятных последствий такого воздействия и восстановления нарушенного строительными работами экологического равновесия решается следующими путями:

- выделением минимально необходимой полосы отвода земель для проектируемого объекта и работы строительного подразделения;
- рекультивацией нарушенных земель, т. е. приведения их в состояние, пригодное для использования по назначению;
- выбором способов производства работ, обеспечивающих минимальные нарушения состояния окружающей среды.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите наиболее крупные месторождения природного газа в России.
2. Каковы перспективы развития газовой отрасли в России в ближайшие годы?
3. Назовите стратегические цели развития газовой промышленности в Российской Федерации.
4. Какова структура потребления газа в России?
5. Экологическая характеристика природного газа по сравнению с другими видами топлива.

## ГЛАВА 2

# ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ

### 2.1. Состав газообразного топлива

**Горючие компоненты.** Углеводороды предельного ряда составляют основную горючую часть природных газов и имеют общую химическую формулу  $C_nH_{2n+2}$ . Первый в ряду — метан ( $CH_4$ ), последующие — этан ( $C_2H_6$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ), пентан ( $C_5H_{12}$ ) и т. д. Метан является основным горючим компонентом всех природных газов.

Предельные углеводороды характеризуются высокой теплотой сгорания, не имеют цвета и запаха, не токсичны, но оказывают слабое наркотическое действие при большой концентрации (высокомолекулярные углеводороды). При скоплениях в помещениях более 10% по объему они способны вызывать удушье из-за недостатка кислорода в воздухе. С увеличением молекулярной массы углеводородов повышаются их теплота сгорания, плотность и способность к конденсации.

Непредельные углеводороды ( $C_nH_{2n}$ ) входят в значительных количествах в искусственные газы. Углеводороды этого ряда: этилен ( $C_2H_4$ ), пропилен ( $C_3H_6$ ), бутилен ( $C_4H_8$ ). По своим свойствам они сходны с предельными углеводородами.

Водород ( $H_2$ ) имеется во всех искусственных газах. Этот горючий газ без цвета, запаха и вкуса, не токсичен. В реакциях горения водород весьма активен.

Оксид углерода ( $CO$ ) — горючий газ без цвета, запаха и вкуса, тяжелее воздуха, очень токсичен. Содержится в больших количествах в искусственных газах, а также образуется при неполном сгорании топлива.

**Негорючие компоненты.** Диоксид углерода ( $CO_2$ ) не имеет цвета и запаха, со слабым кисловатым вкусом, не токсичен, но при скоплении в помещении способен вызвать удушье из-за недостатка кислорода в воздухе. Химически инертен.

Азот ( $N_2$ ) — газ без цвета, запаха и вкуса, не горит и не поддерживает горение, не токсичен. При высоких температурах, например в топках промышленных агрегатов, возможно образование оксидов азота, являющихся высокотоксичными компонентами продуктов сгорания.

Кислород ( $O_2$ ) — газ без цвета, запаха и вкуса, не горит, но поддерживает горение. Содержится в небольших количествах в некоторых искусственных газах. В присутствии влаги активно способствует коррозии металла газопроводов и арматуры.

**Примеси.** Сероводород ( $H_2S$ ) — бесцветный горючий газ с характерным запахом тухлых яиц. Может содержаться в искусственных и плохо очищенных природных газах. Как сам сероводород, так и продукты его сгорания — оксиды серы ( $SO_2$  и  $SO_3$ ) — весьма токсичны и разрушают металлы, образуя с железом пирофорные соединения, способные самовоспламеняться в воздухе.

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) — бесцветный газ с острый запахом нашатырного спирта, вредная токсичная примесь некоторых искусственных газов.

Цианистые соединения, в первую очередь синильная кислота ( $\text{HCN}$ ), могут образовываться в коксовых газах в результате взаимодействия углерода топлива с аммиаком. При нормальных условиях синильная кислота — бесцветная легкая жидкость с весьма высокими токсичными и коррозионными свойствами.

Пары воды могут содержаться в недостаточно осушенных газах. При высоких давлениях они образуют с тяжелыми углеводородами кристаллогидратные соединения, внешне напоминающие частицы снега или льда, которые закупоривают газопроводы.

Нафталин, смолы и пыль, откладываясь на внутренних стенах газопроводов, уменьшают их сечения, а при плохой очистке газа закупоривают отдельные участки газопроводов, преждевременно засоряют фильтры, арматуру и другие устройства.

По происхождению горючие газы разделяются на естественные, или природные, и искусственные, вырабатываемые из твердого и жидкого топлива.

## 2.2. Физико-химические свойства горючих газов

К основным показателям, характеризующим свойства горючих газов как энергоносителей относятся: химическая формула, теплота сгорания, плотность, относительная плотность, число Воббе, пределы воспламеняемости, температура воспламенения, температура горения, жаропроводительность. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава проводится по [18].

Химическая формула газа отражает элементный химический состав последнего и позволяет отчасти представить его химические и физические свойства. Так, углеводородные газы состоят из простых углеводородных соединений, являющихся органическими веществами, содержащими в своем составе два химических элемента: углерод — С и водород —  $\text{H}_2$ . Самый простой углеводород, содержащий всего один атом углерода, — метан  $\text{CH}_4$ . Все углеводороды имеют общую формулу —  $\text{C}_m\text{H}_n$ , входят в гомологический ряд так называемых предельных или насыщенных углеводородов — соединений, в которых углерод до предела насыщен атомами водорода. При температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст. из предельных углеводородов газами являются лишь метан —  $\text{CH}_4$ , этан —  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан —  $\text{C}_3\text{H}_8$  и бутан —  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Наряду с нормальными предельными углеводородами существуют так называемые изомерные соединения, имеющие одинаковые с первыми химические формулы, но отличающиеся от них характером расположения атомов углерода, а также некоторыми свойствами. Пропан изомера не имеет. Начиная с бутана, каждая суммарная формула алканов охватывает несколько углеводородов, имеющих одинаковые молекулярные массы, но разную структуру. Так, формуле  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  отвечают два

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)