

В.А. Жила

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

БАКАЛАВР



В. А. Жила

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Рекомендовано Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет» в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»)



Издательство Ассоциации строительных вузов

Москва

2014

Рецензенты:

декан факультета теплоэнергообеспечения Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета
доктор технических наук профессор *Н.В. Мензелинцева*;

зам. начальника Управления по надзору за взрывопожароопасными и химически опасными объектами – начальник отдела по надзору за объектами газораспределения и газопотребления
Росгортехнадзора РФ *А.А. Феоктистов*;

заведующий кафедрой теплогазоснабжения Саратовского государственного технологического университета
доктор технических наук профессор *Б.Н. Курицын*.

Жила, В.А.

Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» / В.А. Жила. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 368 с.

ISBN 978–5–4323–0023–2

В учебнике изложены основы проектирования, расчета и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления. Рассмотрено основное оборудование газовых сетей и газогорелочных устройств. Проанализированы режимы работы газовых сетей и оборудования, приводятся примеры гидравлического расчета газопроводов низкого и среднего давления, даются основы теории сжигания газа, приводится устройство и расчет газогорелочных устройств.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Строительство», для специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Книга может быть полезна для инженерно-технических работников газовых хозяйств, проектировщиков систем газораспределения и газопотребления.

Регистрационный номер рецензии 2771 от 01.04.2014 г.

ISBN 978–5–4323–0023–2

© Жила В.А., 2014

© Издательский дом АСВ, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Газоснабжение» – одна из профилирующих при подготовке специалистов по теплоснабжению и вентиляции. Она основана на положениях ряда теоретических и прикладных дисциплин. К ним относятся: физика, химия, термодинамика, гидравлика, аэродинамика, электротехника.

Дисциплина «Газоснабжение» тесно связана со специальными техническими дисциплинами, составляющими специальность «Теплогазоснабжение и вентиляция»: «Теплогенерирующие установки», «Теплоснабжение», «Отопление», «Вентиляция», «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение», «Автоматизация и управление процессами теплогазоснабжения и вентиляции». В нее входят в сокращенном виде многие смежные элементы перечисленных дисциплин, а также вопросы экономики, использования вычислительной техники, производства монтажных работ, подробно рассматриваемые в соответствующих курсах.

Предыдущий учебник «Газоснабжение», разработанный профессором, доктором технических наук А.А. Иониным, вышел в свет в 1989 г. За последние десятилетия возрождения в России рыночной экономики произошли глубочайшие изменения, в том числе в области строительной индустрии. Заметно выросли объемы строительства, изменилось соотношение в использовании отечественной и зарубежной техники. Появились новые виды газового оборудования и технологий, зачастую не имевших ранее аналогов в России. Все это должно было найти свое отражение в новой редакции учебника.

Настоящий учебник разработан на кафедре теплотехники и теплогазоснабжения Московского государственного строительного университета (МГСУ) в соответствии с действующей программой.

Автор не считал необходимым давать подробные описания непрерывно модернизирующегося оборудования, справочные данные, таблицы, графики, номограммы. Исключения составляют отдельные конкретные сведения, необходимые для примеров и пояснений конструкций и физических явлений.

Отдельные разделы содержат практические примеры расчета систем газоснабжения и их оборудования.

Автор приносит благодарность Ю.Г. Маркевич и А.К. Клочко за оказанную помощь при подготовке учебника.

Автор выражает глубокую признательность рецензентам – заведующему кафедрой теплогазоснабжения Саратовского государст-

венного технологического университета доктору технических наук, профессору Б.Н. Курицыну, декану факультета теплоэнергообеспечения Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета профессору, доктору технических наук Н.В. Мензелинцевой, заместителю начальника управления – начальнику отдела по надзору за объектами газораспределения и газопотребления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору А.А. Феоктистову за ценные советы и замечания, сделанные при рецензировании рукописи учебника.

ВВЕДЕНИЕ

Россия – ведущая газовая держава мира. Это касается всех основных показателей – обеспеченность геологическими ресурсами и разведанными запасами природного газа, объемов его добычи, транспорта и экспорта.

Ресурс потенциала России может не только полностью обеспечить свои потребности в газе на многие десятилетия, но и выступать гарантом энергетической безопасности тех стран, которые сотрудничают с нами в этой отрасли.

Разведанные запасы в основном сосредоточены в Западной Сибири (77,4%). Основные прогнозные ресурсы приходятся на Западную и Восточную Сибирь, Дальний Восток, Шельф Карского, Баренцева и Охотского морей.

Основа газовой отрасли – Единая система газоснабжения (ЕСГ) страны. ЕСГ целенаправленно формировалась как единый технологический комплекс, включающий все этапы доведения газа от пласта до конечного потребителя – добычу, транспорт, переработку, распределение с централизованным и одновременно многоуровневым управлением, обеспечивающим непрерывный цикл подачи топлива.

Природный газ является наиболее эффективным и экологически чистым видом топлива. Эксперты Международной топливно-энергетической ассоциации (МТЭА) провозгласили XXI в. эпохой метана. Это означает, что природный газ должен стать в ближайшем будущем основой перестройки на новых принципах всего энергетического хозяйства мира. Доля природного газа в топливно-энергетическом балансе будет возрастать во всех странах мира.

Доля природного газа в мировой структуре теплового баланса к 2025 г. превысит 25%.

Разведанные запасы природного газа в России создают прочную основу для дальнейшего развития газоснабжения. Природный газ будет иметь первостепенное значение в промышленности, энергетике и коммунально-бытовом секторе России.

Уровень газификации с учетом сжиженного газа в среднем в России находится в пределах 74%. По природному газу уровень газификации составляет 54% (в городах 61%, а в селах лишь 36%).

Структура потребления энергоресурсов в мире и в России различаются. Основа нашей энергетики – газ (52%), тогда как в мировой системе этот сектор более чем в двое меньше за счет использования нефти, угля и ядерной энергии (рис. 1).

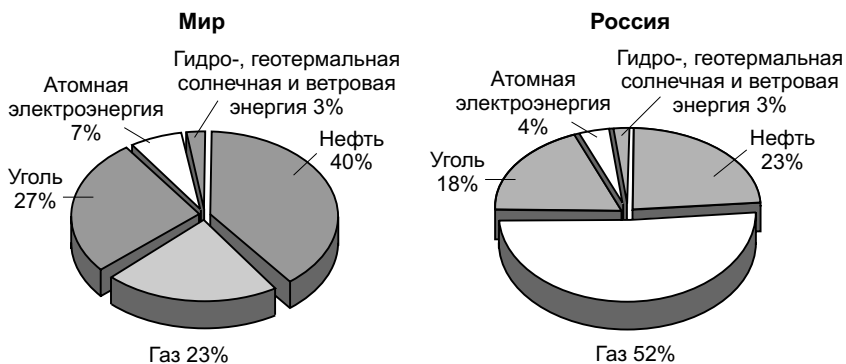


Рис.1. Структура потребления энергоресурсов.

Применение природного газа улучшает условия труда и быта населения, снижает загрязнение окружающей среды. Природный газ – высокоэффективный энергоноситель.

Опыт использования газа в промышленности и энергетике обеспечивает более высокие коэффициенты полезного действия газоиспользующих установок и создает благоприятные условия для улучшения технологических процессов производства.

Газоснабжение жилых зданий значительно улучшает условия быта населения.

Учебник по газоснабжению состоит из двух разделов: газораспределение и газопотребление.

В разделе «Газораспределение» рассматриваются горючие газы, добыча углеводородов, устройство газовых сетей, режим потребления газа, гидравлический расчет газовых сетей, регуляторы давления газа, основные характеристики сжиженных углеводородных газов, эксплуатация систем газораспределения.

В разделе «Газопотребление» уделено внимание теоретическим основам сжигания газа, конструктивным особенностям и расчету газогорелочных устройств.

Часть I. ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

1. ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

1.1. Основные свойства и состав газообразного топлива

Газообразное топливо представляет собой смесь горючих и негорючих газов, содержащих некоторое количество примесей. К горючим газам относят углеводороды, водород и оксид углерода. Негорючие компоненты – это азот, диоксид углерода и кислород. Они составляют балласт газообразного топлива. К примесям относят водяные пары, сероводород, пыль.

Физико-химические и теплотехнические характеристики газового топлива обусловлены различием в составе горючих компонентов и наличием в газе негорючих газообразных компонентов и примесей.

Содержание метана в природных газах достигает 98%, поэтому его свойства практически полностью определяют свойства природных газов. Метан – бесцветный нетоксичный газ без запаха и вкуса. Высшая теплота сгорания метана $Q_v = 39\,820$ кДж/м³, низшая $Q_n = 35\,880$ кДж/м³.

Оксид углерода – бесцветный газ без запаха и вкуса. Теплота сгорания 13 250 кДж/м³. Оксид углерода оказывает на организм человека токсическое воздействие, так как легко вступает в соединение с гемоглобином крови. Предельная допускаемая концентрация СО в воздухе помещения при использовании газа для коммунально-бытовых нужд составляет 2 мг/м³.

Водород – бесцветный нетоксичный газ без вкуса и запаха. Высшая теплота сгорания $Q_v = 12\,750$ кДж/м³, низшая теплота сгорания 10 790 кДж/м³. Водород отличается высокой реакционной способностью, водородно-воздушные смеси имеют широкие пределы воспламенения.

Азот – двухатомный бесцветный газ без запаха и вкуса. Азот не реагирует с кислородом.

Диоксид углерода – бесцветный газ, тяжелый, малореакционный. Имеет слегка кисловатый запах и вкус. Концентрация СО₂ в воздухе в пределах 4...5% приводит к сильному раздражению органов дыхания; 10%-ная концентрация СО₂ в воздухе вызывает сильное отравление.

Кислород – газ без запаха, цвета и вкуса. Содержание кислорода в газе понижает его теплотворную способность и делает газ взрыво-

опасным. Поэтому содержание кислорода в газа не должно быть более 1% по объему.

Сероводород – тяжелый газ с сильным и неприятным запахом. Сероводород обладает высокой токсичностью. Сероводород является газообразной кислотой и, воздействуя на металлы, образует сульфиды. Поэтому сероводород сильно корродирует газопроводы. При сжигании газа сероводород сгорает и образует сернистый газ, вредный для здоровья. Содержание сероводорода не должно превышать 2 г на 100 м³ газа.

Все природные газы бесцветны и не имеют запаха. Поэтому в случае утечки их из газопровода в помещениях может образоваться газоздушная смесь. Для своевременного обнаружения утечки горючие газы одорируют, т.е. придают им резкий специфический запах, по которому их легко обнаружить при незначительных концентрациях в воздухе помещений. При этом запах природных газов для коммунально-бытовых потребителей должен ощущаться при содержании 1% в воздухе.

В качестве одоранта применяют этилмеркаптан.

Нормальная работа газовых приборов зависит от постоянства состава газа и числа вредных примесей, содержащихся в нем. Приведем физико-химические показатели природных топливных газов, используемых для коммунально-бытовых целей:

Число Воббе, кДж/м ³	39 400...52 000
Допустимые отклонения числа Воббе от номинального значения, %, не более	±5
Масса меркаптановой серы в 1 м ³ , г, не более	0,02
Масса механических примесей в 1 м ³ , г, не более	0,001
Объемная доля кислорода, %, не более	1
Интенсивность запаха при объемной доле 1% газов в воздухе, баллы, не менее	3

Согласно ГОСТ 5542-87* горючие свойства природных газов характеризуются числом Воббе, которое представляет собой отношение теплоты сгорания к корню квадратному из относительной (по воздуху) плотности газа:

$$W_0 = \frac{Q}{\sqrt{\beta}}.$$

Так как пределы колебания числа Воббе широки, ГОСТ 5542-87* требует устанавливать для газораспределительных систем его номинальное значение с отклонением не более ±5%.

Природные газы, особенно получаемые при разработке нефтяных месторождений, содержат не только легкие и тяжелые углеводороды, но и инертные газы, неучет концентрации которых приводит к нарушению устойчивости пламени газовых горелок, уменьшению диапазона их регулирования, снижению полноты сгорания газового топлива и повышению содержания вредных компонентов в продуктах сгорания.

Характеристики компонентов сухого природного газа приведены в табл. 1.1 (ГОСТ 22667-82*).

Таблица 1.1

Теплота сгорания и относительная плотность компонентов сухого природного газа (при 0 °С и 101,325 кПа)

Компонент	Теплота сгорания, МДж/м ³		Относительная плотность β
	высшая	низшая	
Метан CH ₄	39,82	35,88	0,5548
Этан C ₂ H ₆	70,31	64,36	1,048
Пропан C ₃ H ₈	101,21	93,18	1,554
н-Бутан C ₄ H ₁₀	133,80	123,57	2,090
Изобутан C ₄ H ₁₀	132,96	122,78	2,081
Пентан C ₅ H ₁₂	169,27	156,63	2,671
Бензол C ₆ H ₆	162,615	155,67	2,967
Толуол C ₇ H ₈	176,26	168,18	3,18
Водород H ₂	12,75	10,79	0,0698
Оксид углерода CO	12,64	12,64	0,9671
Диоксид углерода CO ₂	—	—	1,529
Азот N ₂	—	—	0,967
Кислород O ₂	—	—	1,05
Гелий He	—	—	0,138

Теплоту сгорания газообразного топлива, которое представляет собой смесь горючих газов, определяют как сумму произведений величин теплоты сгорания горючих компонентов на объемные доли.

$$Q_n^c = \sum r_i \cdot Q_{ni}^c, \text{ кДж/м}^3,$$

где r_i – объемные доли горючих компонентов;

Q_{ni}^c – теплота сгорания горючих компонентов.

1.2. Классификация газообразного топлива

Для газоснабжения городов применяют природные и искусственные газы. Природные газы подразделяются на три группы:

- газы, добываемые из чисто газовых месторождений;
- газы, добываемые из скважин нефтяных месторождений совместно с нефтью, часто называют попутными;
- газы, добываемые из конденсатных месторождений.

Газы, добываемые из чисто газовых месторождений, состоят в основном из метана и являются тощими или сухими. Тяжелых углеводородов сухие газы содержат менее 50 г/м^3 . Сухие газы легче воздуха. Низшая теплота сгорания сухих газов $31\,000 \dots 38\,000 \text{ кДж/м}^3$.

Попутные газы помимо метана содержат значительное количество тяжелых углеводородов, поэтому их называют жирными газами. Жирные газы представляют собой смесь сухого газа, пропан-бутановой фракции и газового бензина. Теплота сгорания попутных газов колеблется в диапазоне $38\,000 \dots 63\,000 \text{ кДж/м}^3$. На газобензиновых заводах из попутных газов выделяют газовый бензин, пропан и бутан, последние используют для газоснабжения населенных мест в виде сжиженного газа.

Специфика добычи попутного нефтяного газа заключается в том, что он, как следует из названия, является побочным продуктом нефтедобычи. Потери попутного нефтяного газа связаны с неподготовленностью инфраструктуры для его сбора, подготовки, транспортировки и переработки, а также отсутствием потребителя. Поэтому попутный нефтяной газ часто сжигают в факелах. Средний уровень утилизации попутного газа в России составляет около 70%. Проблема утилизации попутного нефтяного газа имеет не только экономический, но и экологический аспект. Сжигание газа в факелах наносит ущерб окружающей природной среде продуктами сгорания.

Газы конденсатных месторождений состоят из смеси сухого газа и паров конденсата, который выпадает при снижении давления (процесс обратной конденсации).

Пары конденсата представляют смесь паров тяжелых углеводородов, содержащих C_5 и выше (бензина, лигроина, керосина). Сжиженные газы получают также из газов конденсатных месторождений.

Газы конденсатных месторождений представляют собой смесь предельных углеводородов, основной составляющей которых является метан (80...90%). Содержание пентана и более тяжелых углеводородов составляет 2...5%, однако ввиду того, что конденсат состо-

ит из высокомолекулярных соединений, его массовая доля достигает 25%. Наличие в газе тяжелых углеводородов является отличительной особенностью газов конденсатных месторождений. Газо-конденсатные месторождения образовались в результате процесса, обратного испарения конденсата, протекающего при высоких давлениях и температурах (в надкритической области), поэтому они располагаются на больших глубинах, где господствуют высокие давления.

1.3. Искусственные газы

В соответствии с методами получения искусственные горючие газы подразделяются на три группы:

- газы, получаемые методом сухой перегонки, т.е. в результате разложения твердого или жидкого топлива под действием высоких температур без доступа воздуха;
- газы, получаемые путем воздействия пара на твердое или жидкое топливо при высокой температуре;
- газы, получаемые путем неполного сжигания твердого или жидкого топлива.

Представителем первой группы являются коксовый и каменноугольный газы, получаемые в коксовых печах. Сюда же следует отнести и нефтяные газы, получаемые в процессе деструктивной переработки нефти (крекинг, перолиз, синтез из газов).

При сухой перегонке топливо проходит ряд стадий физико-химических преобразований, в результате которых оно разлагается на газ, смолу и коксовый остаток. Характер преобразований, претерпеваемых топливом, определяется его природой и температурой процесса. Сухую перегонку топлива, происходящую при высоких температурах (900...1100 °С), называют коксованием, в результате которого получают кокс и коксовый газ с теплотой сгорания $Q_H^P = 16\,000 \dots 18\,000 \text{ кДж/м}^3$ и плотностью $\rho = 0,45 \dots 0,5 \text{ кг/м}^3$.

Примерный состав коксового газа в %:

H ₂	–59
CH ₄	–24
C _n H _n	–2
CO	–8
CO ₂	–2,4
O ₂	–0,6
N ₂	–4,0

В результате реакции углерода топлива с кислородом и водяным паром образуются горючие газы: оксид углерода и водород. Одновременно с процессом газификации протекает частичная сухая перегонка топлива. Продуктами газификации топлива являются горючий газ, зола и шлаки.

При подаче в газогенератор паровоздушной смеси получают генераторный газ, называемый смешанным, примерный состав которого (в %) следующий:

H ₂	– 14
CH ₄	– 1
CO	– 28
CO ₂	– 6
O ₂	– 0,2
H ₂ S	– 0,2
N ₂	– 50,6

Низшая теплота сгорания смешанного газа $Q_n = 5,5$ МДж/м³; плотность $\rho = 1,15$ кг/м³.

Водяной газ получают путем периодической продувки газогенератора воздухом и паром. При подаче воздуха слой топлива аккумулирует тепло, выделяющееся при частичном его сгорании, а при поступлении водяного пара последний взаимодействует с углеводородом, используя аккумулированное тепло и образуя водяной газ. Горючими компонентами будут являться водород и оксид углерода.

Под термином «газификация топлива» понимается метод получения горючих газов при неполном горении топлива. В отличие от процесса сухой перегонки, при которой в результате химического разложения топлива около 30% его переходит в газ и другие продукты, а около 70% остается в виде твердого остатка – кокса, газификация твердого топлива является термохимическим процессом, при котором углерод коксового остатка, реагируя с кислородом, находящимся в свободном состоянии (воздух) или связанном (CO₂, H₂O), дает горючие газы. Твердыми остатками после процесса газификации являются зола и шлак.

Практически во время процесса газификации в определенном слое топлива происходит также и процесс сухой перегонки, поэтому горючие газы газификации смешиваются с газами сухой перегонки и дают генераторный газ.

Аппараты, в которых получается генераторный газ, называются газогенераторами. Конструкция генератора представлена на рис. 1.1. Генератор представляет собой вертикальную шахту из листовой

стали, обмурованную изнутри огнеупорным кирпичом. Вверху газогенератора имеется загрузочный люк с размещенным над ним устройством для топлива. Топливо загружается на колоснике 4. Необходимые для газификации воздух и пар подаются под колосниковую решетку.

Горючие газы отводятся через штуцер 6, а выгрузка шлака производится через люк 7.

Процесс образования генераторного газа протекает по зонам, наличие которых обусловлено встречным движением топлива (сверху вниз) и нагретых газов (снизу вверх).

Между кислородом воздуха и углеродом раскаленного топлива в генераторе возможны следующие реакции:

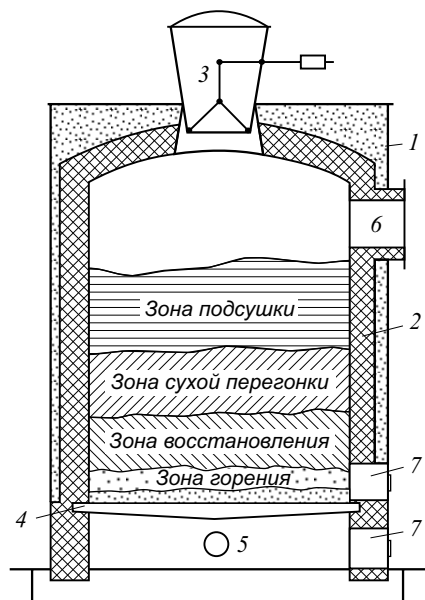


Рис. 1.1. Схема газогенератора и газогенераторного процесса:

1 – корпус; 2 – огнеупорный кирпич; 3 – загрузочный люк; 4 – колосник; 5 – дутьевая коробка; 6 – штуцер для отвода горючих газов; 7 – люк для выгрузки шлака



Воздух, подводимый под колосники, проходя шлаковую подушку, которая образуется на колосниках в результате сжигания части топлива, подогревается за счет тепла шлаков и попадает в слой горящего топлива. В слое топлива небольшой высоты, непосредственно примыкающем к шлаковой подушке, кислород воздуха соединяется с углеродом топлива, образуя главным образом углекислоту по реакции (1.1) и частично оксид углерода по реакции (1.3). Необходимая высота этого слоя объясняется быстротой реакции (1.1). Про-

ходя выше, углекислота в раскаленном слое топлива восстанавливается в оксид углерода по реакции (1.2). Здесь же происходит разложение водяного пара с образованием водорода. Высота этой зоны значительно больше первой. Зоны горения (получение CO_2) и восстановления (получение CO и H_2) объединяются общим названием «зона газификации», так как именно в этих зонах происходит образование собственно генераторного газа.

Выше зоны восстановления нагретые до высокой температуры газы отдают тепло слою топлива, который находится в условиях сухой перегонки (без доступа воздуха или с малым доступом воздуха). В этой зоне сухой перегонки топливо обращается в полукокс, а затем в кокс, а газы сухой перегонки смешиваются с генераторным газом.

Смесь газов с еще довольно высокой температурой, поднимаясь, подсушивает верхний слой топлива. Эта зона называется зоной подсушки. Зону сухой перегонки и зону подсушки объединяют названием зоны подготовки топлива.

В генераторах при процессе газификации применяют дутье, используя для этой цели воздух, водяной пар, смесь воздуха с паром, технический кислород в смеси с паром, воздух, обогащенный кислородом. В зависимости от вида дутья получают газы: воздушный, водяной, смешанный, парокислородный.

Уголь можно газифицировать под землей. В этом случае получается газ подземной газификации.

2. ДОБЫЧА УГЛЕВОДОРОДОВ

2.1. Основные положения образования углеводородов

В настоящее время существуют две теории образования углеводородов: органическая и неорганическая.

Автором биогенной (органической) гипотезы является Ломоносов. По органической теории, если после гибели животного или растительного организма процесс его разложения происходит при свободном доступе кислорода, то подавляющая часть углерода растительных и животных организмов возвращается в атмосферу в виде углекислого газа. В этом случае лишь небольшая часть органических остатков попадает в благоприятные для их сохранения условия.

Если кислород отсутствует, разложение происходит за счет жизнедеятельности бактерий – микроорганизмов. Роль этих бактерий сводится к извлечению и образованию устойчивых соединений органического характера (исходного материала для образования углеводородов). Наиболее благоприятными участками для накопления исходного для углеводородов органического материала являются бухты, лагуны (озера, соединяющиеся с морем узким проливом), эстуарии (воронкообразные глубокие устья рек, впадающих в море).

Суть неорганической (минеральной) гипотезы связана с взаимодействием воды с карбидами металлов, в результате чего образуются углеводородные газы, а затем и нефть, которая через трещины выдавливается ближе к поверхности. В этом случае углеводороды являются продуктом химической реакции. Эту версию отстаивал Менделеев.

По теории неорганического происхождения углеводороды поступают из мантии Земли, куда они попали вместе с другими компонентами при формировании планеты из облака газопылевой и облученной материи. Выделение и первоначальное накопление углеводородов связано с процессами в верхней части мантии Земли, являющимися причиной тектонических движений.

Если нефть произошла из биоостатков, то на это ушло миллионы лет. А если в результате химических реакций – то в течение нескольких веков. Стало быть, запасы возобновляются быстрее.

Перемещение углеводородов из зон накопления в подкоровой области в ловушки – месторождения, размещенные в верхних горизонтах земной коры, происходит по полостям верхних частей глубинных разломов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Часть I. ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ	7
1. Горючие газы, используемые для газоснабжения городов.....	7
1.1. Основные свойства и состав газообразного топлива	7
1.2. Классификация газообразного топлива	10
1.3. Искусственные газы	11
2. Добыча углеводородов	15
2.1. Основные положения образования углеводородов	15
2.2. Устройство газовой скважины	21
2.3. Подготовка газа к транспортировке.....	22
2.4. Магистральные газопроводы.....	32
3. Газовые сети городов и населенных пунктов	34
3.1. Классификация газопроводов.....	34
3.2. Системы газораспределения городов и населенных мест, промышленных предприятий	35
3.3. Допустимые расстояния между подземными газопроводами и другими инженерными сооружениями.....	41
3.4. Переходы газопроводов через препятствия	44
3.5. Трубы для газопроводов	47
3.6. Оборудование газопроводов.....	58
3.7. Защита газопроводов от коррозии	66
4. Режим потребления газа	76
4.1. Режим потребления газа по месяцам года.....	76
4.2. Режим потребления газа по дням недели	78
4.3. Режим потребления газа по часам суток	79
4.4. Определение расчетных расходов газа	82
5. Гидравлический расчет газовых сетей	85
5.1. Определение потерь давления в газопроводах	85
5.2. Определение дополнительного избыточного давления	89
5.3. Постановка задачи расчета тупиковой газовой сети	90
5.4. Постановка задачи расчета кольцевой газовой сети	94
5.5. Определение расчетных перепадов давления газа в сети низкого давления	98
5.6. Гидравлическая увязка кольцевых газовых сетей	101
5.7. Гидравлический расчет газовых сетей высокого (среднего) давления	105
5.8. Надежность газораспределительных систем.....	107
5.9. Гидравлический расчет газовых сетей низкого давления.....	120
5.10. Гидравлический расчет газовых сетей высокого давления.....	130
5.11. Пример гидравлического расчета внутридомового газопровода.....	139

6. Регуляторы давления	155
6.1. Принципиальные схемы регулирования давления газа	155
6.2. Классификация регуляторов давления газа	157
6.3. Газорегуляторные пункты и установки	174
6.4. Расчет пропускной способности регуляторов давления газа	185
7. Сжиженные углеводородные газы	192
7.1. Основные характеристики сжиженных углеводородных газов	192
7.2. Установки сжиженных углеводородных газов у потребителей	204
7.2.1. Газобаллонные установки	204
7.2.2. Резервуарные установки	207
7.2.3. Использование смеси паров сжиженных газов с воздухом	217
8. Эксплуатация систем газораспределения	219
8.1. Определение технического состояния подземных газопроводов	219
8.2. Технология выполнения основных работ по ремонту газопроводов	224
8.3. Технология проведения изоляционных работ на газопроводах	230
8.4. Присоединение ответвлений к действующим газопроводам	231
8.5. Работы по предотвращению образования и ликвидации конденсатных и гидратных пробок	241
8.6. Организация работ по пуску газа	243
8.7. Обслуживание и ремонт газорегуляторных пунктов	245
8.8. Аварийное отключение участков газопроводов	248
8.9. Техника безопасности при эксплуатации газовых сетей	256
Часть II. ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЕ	269
9. Теоретические основы сжигания газа	269
9.1. Реакции горения газов	269
9.2. Температура горения газов	271
9.3. Кинетика цепных реакций	276
9.4. Нормальное распространение пламени	277
9.5. Распространение пламени в ламинарном потоке	281
10. Газогорелочные устройства	286
10.1. Классификация газовых горелок	286
10.2. Горелки полного предварительного смешения газа с воздухом	289
10.2.1. Горелки с огнеупорными насадками	289
10.2.2. Туннельная эжекционная горелка	291
10.2.3. Эжекционная горелка среднего давления с пластинчатым стабилизатором	293
10.2.4. Горелки инфракрасного излучения (ГИИ)	295

10.3. Расчет горелок полного предварительного смешения газа с воздухом.....	297
10.4. Горелки без предварительного смешения газа с воздухом, необходимым для горения	301
10.5. Горелки предварительного смешения газа с частью воздуха, необходимого для горения.....	303
10.6. Расчет горелки предварительного смешения газа с частью воздуха, необходимого для горения.....	309
10.7. Горелки с незавершенным предварительным смешением газа с воздухом.....	312
10.8. Расчет горелок с незавершенным предварительным смешением газа с воздухом	314
11. Тепловой баланс котла	323
12. Использование газового топлива в промышленных печах.....	326
Задание и методические указания к выполнению курсового проекта «Газоснабжение города»	330
Приложения	353
Список литературы	362

Учебное издание

Жила Виктор Андреевич

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Редактор: *Г. М. Мубаракишина*
Компьютерная верстка: *В. Ю. Алексеев*
Компьют. дизайн обложки: *Н. С. Кузнецова*

Диапозитивы предоставлены издательством

Подписано в печать 25.06.2014. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. 23,0 печ. л. Тираж 500 экз. Заказ №

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации: оф. 511
тел., факс: (499) 183-56-83
http://www.iasv.ru, e-mail: iasv@mgsu.ru

