

В. В. КОПЫТОВ

**ГАЗИФИКАЦИЯ
КОНДЕНСИРОВАННЫХ
ТОПЛИВ**

ВЧЕРА. СЕГОДНЯ. ЗАВТРА...

Учебное пособие

2-е издание

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 62-62
ББК 31.354
К55

Копытов, В. В.

К55 Газификация конденсированных топлив. Вчера. Сегодня. Завтра... : учебное пособие / В. В. Копытов. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 624 с.
ISBN 978-5-9729-0678-9

Показан исторический путь газового топлива: от зарождения к расцвету, временному забвению и современному уровню развития. Рассмотрены основные сферы применения конденсированного топлива и перспективы совершенствования технологий и оборудования газификации. Предложены глоссарий и обширный перечень источников информации о газификации конденсированных топлив.

Для инженерно-технических специалистов, занимающихся проектированием, изготовлением и эксплуатацией технологических и теплоэнергетических комплексов на базе оборудования газификации конденсируемых топлив. Издание может быть полезно студентам и преподавателям учебных заведений технического профиля.

УДК 62-62
ББК 31.354

ISBN 978-5-9729-0678-9

© Копытов В. В., 2021
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

Вступление

«... Лучший способ ознакомиться с каким-либо предметом - написать книгу о нём ...»

Бенджамин Дизраэли

«... Он так долго об этом размышлял, что уже начал это проповедовать ...»

Марсель Пруст

«... И в технике есть свои графоманы ...» **Михаил Светлов**

Приняв в ноябре 2008 года предложение перейти на должность главного конструктора оборудования газификации твёрдых топлив ФГУП «ММПП «Салют» (ныне ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют»), я оказался в довольно непростой ситуации. Дело в том, что, будучи уже весьма опытным инженером и имея учёную степень кандидата технических наук («Учёным можешь ты не быть, но кандидатом – быть обязан!»), я до этого специализировался в несколько иных областях науки и техники. Из 20-ти лет профессиональной деятельности примерно две трети было отдано транспортному машиностроению (а именно, бронированному гусеничному и колёсному машинам), а оставшаяся треть – энергетическому машиностроению (газотурбинным установкам). Специфика же химического машиностроения, к которому относилось, если не всё оборудование газификации, то, как минимум, его главная составная часть – газогенератор, была для меня тогда практически неизвестной.

В связи с этим, мне пришлось в срочном порядке искать информацию по данной тематике, изучать её и «раскладывать по полочкам» своего головного мозга. В процессе этого я заметил, что современные печатные публикации на данную тему, как и соответствующие информационные материалы, размещённые на различных Интернет – ресурсах, носят отрывочный, иногда противоречивый характер. Последние же из обнаруженных мной примеров системного освещения вопросов и проблем газификации относились к середине прошлого века и, естественно, были не вполне актуальными.

Кроме того, из-за личных особенностей восприятия и усвоения новых знаний, особенно получаемых в ходе вербальных контактов, мне требовалось эти знания не просто переосмыслить, но и представить их в письменном виде. В результате, примерно через год – полтора, в моём распоряжении был довольно большой объём текстовой и графической информации. Она включала в себя как заимствования из различных источников, так и результаты собственных осмыслений.

Вскоре мне стало ясно – с этим объёмом надо что-то делать (да и первые, ещё пока неясные приступы графомании уже начинали давать о себе знать ...). И когда мне предложили написать статью на тему газификации твёрдых топлив и включить её в сборнике научных трудов Международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении» (она проходила в июне 2010 года на территории «Салюта»), – я с радостью согласился. И написал две ...

«Плотина была прорвана», и в течение последующих полутора лет я опубликовал ещё 12 статей «на заданную тему» в периодических печатных изданиях, а также разместил материалы на сайтах **alternativenergy.ru** (в статье «Газогенератор» Википедии есть ссылка на материал, размещённый на этом сайте), **twirpx.com**, **techlibrary.ru** и **dom-en.ru**.

Среди печатных изданий хочется отметить Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (в связи с высоким статусом

данного печатного органа) и журнал «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» (в связи с выплатой авторских вознаграждений).

Одновременно с написанием статей, я стал формировать перечни тематических научных работ, печатных публикаций и сайтов, на которых можно найти информацию, касающуюся газификации. Наконец, мне пришлось приступить и к созданию глоссария – настолько вольно и в разной форме использовали термины и понятия, существующие в сфере газификации конденсированных топлив, как представители потенциальных заказчиков, так и коллеги – работники «Салюта» и организаций – партнёров.

Так, на «Салюте» к комплексу газификации твёрдых топлив, находящемуся в опытной эксплуатации на территории предприятия, ещё с начала 2000-х приклеилось «гордое имя» – «мусоросжигательный завод» (надо с сожалением признать, что так его, причём в массовом порядке, именуют и до сих пор). А ведь это категорически неправильно во всех отношениях! И применительно к статусу оборудования (до завода этому комплексу ещё далеко), и к виду используемого сырья (с мусором надо серьёзно поработать, прежде чем его газифицировать, как, впрочем, и сжечь), и, тем более, к сути самого технологического процесса (газификация – как раз таки альтернатива прямому сжиганию, и особенно в части отходов!).

Ещё один пример широкого (как минимум, национального) но некорректного, на мой взгляд, применения термина. Речь идёт о термине «синтез-газ» («сингаз»). Этот термин появился, скорее всего, в 20–е ... 30–е годы прошлого века для обозначения разновидности генераторного газа, предназначенного для дальнейшего синтеза различных химических веществ (в частности, жидких синтетических моторных топлив по методу *Фишера – Троппа* (см. Гл. 28)). Надо сказать, что даже в этом случае название «синтез-газ» вряд ли может быть признано удачным. Ведь при формировании этого газа (как и любого другого генераторного газа) происходят, в основном, противоположные синтезу процессы разрушения исходных конденсированных материалов. В какой-то период (в 1960 ... 1990-е годы) эта «химическая» направленность в использовании генераторного газа стала приоритетной. И вот когда, на стыке XX-го и XXI-го веков снова вернулось «энергетическое» применение искусственного горючего генераторного газа его почему-то тоже стали называть «синтез-газом». Не думаю, что это правильно. Если кому-то не нравится словосочетание «генераторный газ» (не плохо бы, кстати, услышать, а собственно почему?), можно вместо него использовать понятия «энергетический газ», «топливный газ», «силовой газ». Но не называть газ, направляемый для сжигания в топку котла или камеру сгорания двигателя «синтез-газом», поскольку последний предназначен совсем для других целей.

Во многом аналогичную (в плане использования терминологии) ситуацию застал я и в ООО «БиоРЕКС», когда с апреля 2011 г. стал трудиться и в этой компании.

Создание такого перечня терминов и понятий, формулирование их определений – серьёзная работа, результаты которой могут быть полезны специалистам в области газификации и альтернативной энергетики в целом – пусть даже в плане инициации дискуссии на эту тему. Но как сделать? Цикл статей «от А до Ё», «от Ж до М» и т.д.? Вряд ли их где-нибудь напечатают. Да и формат журнальных статей по-прежнему не позволял мне осветить всю проблематику газификации конденсированных топлив с нужным размахом.

И мне захотелось большего – написать книгу, поместив в качестве приложений упомянутые выше перечни. Что я и сделал – она перед Вами. Прошу

доброжелательно & снисходительно относиться к ней – ведь это мой первый опыт на ниве «полноформатной» графомании.

Не могу здесь не высказать искреннюю благодарность и признательность людям, без которых по разным причинам эта книга могла бы не состояться (по крайней мере, в том виде, какой она приняла сейчас), а именно:

– прежде всего своей жене **Тамаре** – за её ангельское терпение, любовь и веру в меня, а также её маме **Анне Петровне**, учителю русского языка и литературы с более чем 40-м стажем – за титанические усилия по «ликвидации безграмотности» у автора;

– члену-корреспонденту Российской инженерной академии, доктору технических наук, генеральному директору ФГУП «ММПП «Салют» (с декабря 1997 г. по ноябрь 2010 г.; ныне – исполнительному директору ОАО «Кузнецов», г. Самара) **Ю.С. Елисееву** – за доверие и постоянное внимание к теме газификации конденсированных топлив;

– члену-корреспонденту РАН, доктору химических наук, советнику директора ИПХФ РАН в Черногоровке **Г.Б. Манелису**, руководителю проекта **Е.И. Кондре**, кандидату физико-математических наук **В.П. Фурсову** и **М.Б. Крылову** – за знакомство с научными основами и технологиями газификации конденсируемых топлив;

– историку и журналисту, заместителю главного редактора журнала «Газ-Информ» **Д.В. Митюрину** (и другим авторам книги «Петербург – колыбель российского газа» - см. Приложение Б, стр. 455) – за предоставление большого объёма материалов по истории мировой и российской газовой отрасли (см. Гл. 2 ... Гл. 8), а также за моральную поддержку моих скромных усилий по написанию данной книги;

– академику МАНЭБ, доктору технических наук, профессору, председателю совета директоров группы компаний «НИККОМ» **В.Г. Лурию** – за передачу результатов своих исследований в области энергетического использования твёрдых горючих отходов (см. Гл. 26);

– члену-корреспонденту РАН, доктору химических наук, советнику по науке ВИЭСХ **Ю.М. Щекочихину** – за предоставление интересных материалов по тематике книги, в т.ч. по газогенераторам с встроенными плазматронами (см. Гл. 30);

– доктору геологических наук, профессору Ереванского государственного университета **Р.Г. Геворкяну** – за информацию из области минералогии, петрологии, геохимии и использования каустобиолитов, в т.ч. армянских горючих сланцев (см. Гл. 34);

– доктору наук, профессору **С.З. Ковачеву** (г. София, Болгария) – за информирование о положении дел по тематике книги в странах юго-восточной Европы, а также за предоставление материалов форума «Энергоэффективность & Возобновляемые источники энергии & Управление отходами & Рециклинг & Энергия из отходов», прошедшему в Софии 13 ... 15 апреля 2011 года (см. Приложение Б, стр. 503);

– **А.С. Лейтесу, С.А. Трдатяну, Е.Н. Семионову, Н.А. Багоеву, С.В. Чудакову, А.В. Зорикову** (заслуженному конструктору РФ), **А.Н. Оконечникову, А.П. Зарубину, Ю.В. Суховичу, В.Ю. Ленькину, М.Н. Волкову, Н.М. Яблочкину, В.И. Артамонову, Т.Н. Покропаевой, В.Н. Сивурову, Ю.С. Ратковскому, Д.Н. Елисееву, А.И. Дружинину, В.П. Вьрелкину, А.А. Синичкину, М.Г. Шайхиеву, В.С. Ма, Е.Н. Матвееву, Ю.А. Карамнову, С.И. Лопушняку, А.М. Протасову, А.И. Кускову, М.А. Тетерюкову, О.Н. Матвееву, А.Г. Цветкову, В.А. Додонову,**

В.М. Сенченкову, И.С. Мирошниченко, И.П. Сидько, В.Н. Драгомирову, И.Я. Тоцкому, А.С. Фоканову, А.Ю. Давитьянцу, В.В. Тарнани, А.Т. Саликову, Р.А. Лернеру, И.Д. Балацкому, А.П. Афанасьеву, А.М. Алисову, С.Н. Есипенко и многим-многим другим коллегам и соратникам по работе в ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют» и ООО «БиоРЕКС» – за дружескую помощь, профессиональное сотрудничество, психологическую поддержку и конструктивное оппонирование;

– главным редакторам журналов *А.Л. Гусеву* («Альтернативная энергетика и экология»), *А.Б. Преображенскому* («Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ») и *Г.Е. Приорову* (Интернет-журнал «Лесопромышленник»), а также работникам редакции журнала «Твёрдые бытовые отходы» и администраторам сайтов **alternativenergy.ru**, **twirpx.com**, **techlibrary.ru** и **dom-en.ru** – за внимание к моим материалам и размещение их в своих изданиях и на сайтах;

– и, наконец, *Авторам* научных работ, печатных публикаций и информационных материалов Интернет-ресурсов, напрямую либо опосредованно использованных при написании данной книги (см. Приложения Б и В), - за интеллектуальные усилия, которые они прилагали, создавая свои труды в XIX-м, XX-м и XXI-м столетиях.

– список не закрыт и, как говорится, на этом месте может быть и Ваша фамилия!

Достоинства данной книги во многом произошли от вольного либо невольного участия вышеперечисленных уважаемых дам и господ. Что же касается недостатков данного «творения», автор безраздельно относит их на свой счёт.

В заключение вступительной части нужно отметить значимость рассматриваемой в данной книге тематики (как минимум, для нашей страны и, по крайней мере, в определённые исторические периоды). Эта значимость подтверждается, в частности, тем, что вопросами газификации конденсированных топлив и последующего применения искусственных горючих газов в разные годы лично занимались такие российские & советские государственные деятели, как:

- последний Царь и Великий Князь Всея Руси и первый Император Российской *Пётр I* (см. Гл. 4);

- Российские Императоры *Александр I* (см. Гл. 4), *Николай I* (см. Гл. 5), *Александр II* (см. Гл. 6), *Александр III* (см. Гл. 6) и *Николай II* (см. Гл. 8);

- Председатель СНК РСФСР / СССР *В.И. Ленин* (см. Гл. 12 и Гл. 29);

- Генеральный секретарь ЦК ВКП (б) *И.В. Сталин* (см. Гл. 12 ... Гл. 14, Гл. 19, Гл. 21, Гл. 22 и Гл. 29);

- Первый секретарь ЦК КПСС *Н.С. Хрущёв* (см. Гл. 14 и Гл. 21).

Правда, последний из перечисленных «деятелей», активно поддерживая газогенерацию в 1930-х и в 1940-х годах, а также и на протяжении большей части 1950-х годов, на стыке пятого и шестого десятилетий прошлого века превратился в её «могильщика» (впрочем, такую же достойную лишь сожаления роль сыграл он и в судьбе многих других направлений отечественной науки и техники).

Глава 1. Сущность и специфические особенности процесса газификации конденсированных топлив

«... без веры, что природа подчиняется законам, не может быть никакой науки ...»

Норберт Винер

«... Нет ничего практичнее, чем хорошая теория ...»

Людвиг Больцман

«... Смешанные тела изменяются ... от потери одной или нескольких составляющих ... необходимы силы, которые могли бы уничтожить сцепление между частицами. Легче всего такое действие производит огонь ...»

М.В. Ломоносов

Сначала небольшое историческое отступление от темы.

Человек, перейдя к оседлому образу жизни, в качестве первой внешней энергетической установки для обработки земли в сельскохозяйственных целях стал использовать быка. А лошадь, гораздо более перспективный «энергоноситель», превосходящий по скоростным характеристикам быка в несколько раз, смог освоить только через пару тысячелетий. Причина здесь, видимо, проста: чтобы запрячь быка достаточно одной верёвки (шея у быка мощная, а скорость передвижения небольшая), а вот с лошадью так не получалось – шея у неё гораздо уязвимее, особенно при сравнительно высокой скорости перемещения. На поиск технологического решения под названием «хомут» и ушли эти тысячи лет. Зато после этого удалось использовать («распаковать») энергию лошади и в разы повысить производительность логической системы «земледелие».

Нечто подобное происходит и с энергетикой в целом. Применимость различных энергоносителей в реальной жизни обуславливается достигнутым технологическим уровнем. По утверждению химиков в одном литре воды содержится в 300 раз больше энергии, чем в литре бензина. Но эта энергия так «упакована», что современными методами для её «распаковки» нужно затратить в три раза больше энергии, чем будет получено после этой операции. Поэтому этот источник энергии пока находится в ожидании соответствующих технологических решений – своего «хомута».

Но это не значит, что сегодня не существует никаких вариантов повышения энергоэффективности и экологической безопасности сложившейся на сегодня энергетической модели мира. Многие серьёзные учёные и специалисты считают, что одним из таких вариантов «распаковки» энергии, заключённой в конденсированных топливах, может служить их предварительная **газификация / пиролиз** с получением ценных газообразных, жидких и твёрдых энергоносителей / химических веществ и одновременным снижением техногенной нагрузки на экосистему Земли. Помимо упомянутых во вступлении, к таким учёным, в частности, относятся:

- вице-президент и академик РАН, д.х.н. *С.М. Алдошин*;
- академик РАН, д.т.н. *А.Е. Шейндлин*;
- академик РАН, д.х.н. *К.Н. Трубецкой*;
- член-корреспондент РАН, академик РАЕН и МАНЭБ, д.х.н. *А.Л. Латидус*;
- член-корреспондент РАН, д.т.н. *Н.И. Воронай*;
- член-корреспондент РАН, д.т.н. *А.Д. Рубан*;
- вице-президент и академик РАЕН, д.т.н. *В.Ж. Аренс*;
- академик РАЕН и РИА, д.т.н. *А.Г. Нецветаев*;

- академик РАЕН, д.т.н. *Е.В. Крейнин*;
- академик РАЕН, д.т.н. *В.М. Чебаненко*;
- академик РИА, д.х.н. *В.В. Мясоедова*;
- академик РЭА, д.т.н. *Г.А. Солодов*;
- член-корреспондент РИА, д.т.н. *А.Ф. Рыжков*;
- академик НАН Украины и МИА, д.т.н. *В.И. Большаков*;
- академик НАН Украины, д.ф.-м.н. *Ю.П. Корчевой*;
- академик НАН Украины, д.т.н. *А.Ю. Майстренко* (скоропостижно скончался в Киеве 17 декабря 2011 г., но оставил после себя научную школу газификации угля);

- академик Академии горных наук Украины, д.т.н. *И.Г. Товаровский*;
- д.т.н. *А.С. Малолетнев*, д.т.н. *М.Я. Шпирт*, д.т.н. *Ф.Г. Жагфаров*, д.т.н. *В.В. Сергеев*, д.т.н. *С.Г. Степанов*, д.т.н. *С.П. Сергеев*, д.т.н. *С.Р. Исламов*, д.т.н. *М.Л. Щипко*, д.т.н. *Г.Ф. Кузнецов*, д.т.н. *Ю.А. Стрижакова*, д.т.н. *Н.И. Абрамкин*, д.э.н. *В.П. Пономарёв*, д.т.н. *А.А. Беляев*, д.т.н. *Л.Я. Шубов*, д.т.н. *А.М. Клер*, д.т.н. *Э.А. Тюрина*, д.т.н. *В.Н. Пиялкин*, д.х.н. *Д.А. Пономарёв*, д.т.н. *Н.Н. Ефимов*, д.т.н. *А.В. Белов*, д.т.н. *И.А. Коробецкий*, д.т.н. *Б.И. Кондырев*, д.т.н. *С.А. Гончаров*, д.ф.-м.н. *А.В. Фёдоров*, д.т.н. *В.Е. Мессерле*, д.т.н. *С.Н. Лазаренко*, д.т.н. *А.П. Тапсиев*, д.т.н. *С.А. Кондратьев*, д.т.н. *А.Н. Анушенков*, д.т.н. *С.И. Сучков*, д.ф.-м.н. *В.М. Гремячкин*, д.т.н. *С.А. Прокопенко*, д.т.н. *В.И. Ковбасюк*;

- к.т.н. *Р.Ш. Загрутдинов*, к.т.н. *А.А. Гроо*, к.т.н. *А.Н. Нагорнов*, к.т.н. *В.В. Тиматов*, к.ф.-м.н. *Е.А. Салганский*, к.т.н. *В.Н. Ковалёв*, к.т.н. *В.А. Брянцев*, к.т.н. *Ю.Д. Юдкевич*, к.т.н. *А.Н. Булкатов*, к.ф.-м.н. *Д.Г. Григоруц*, к.т.н. *И.В. Гребенюк*, к.т.н. *А.Ю. Зоря*, к.т.н. *А.С. Медников*, к.т.н. *В.В. Степанов*, к.т.н. *К.И. Наумов*, к.т.н. *А.П. Кузмин*, к.т.н. *С.К. Тривно*, к.т.н. *В.И. Ростовцев*, к.т.н. *Е.В. Дворникова*, к.т.н. *И.О. Михалёв* и др.

Газификацией конденсированных топлив (ГКТ) называется термохимический процесс преобразования (*конверсии*) органической части (главным образом, содержащегося в ней углерода) конденсированных топлив (КТ) в горючий генераторный газ (ГГ), удобный для последующего сжигания, как в горелках котлов различного назначения, так и в камерах сгорания (внешних и внутренних) двигателей различных типов.

Газификация является чрезвычайно сложным гетерогенным физико-химическим процессом, которому присуща сложная кинетика. Этот процесс развивается в полидисперсной и гетерогенной среде в условиях фильтрационного и диффузионного переноса газов. Для процесса характерно наличие одновременного переноса энергии, импульса и массы в весьма сложной и неоднородной геометрической системе, а также присутствие фазовых превращений с тепловой деформацией слоя, явлениями спекания и изменения структуры и свойств минеральной части топлива и зольного остатка. При этом имеют место быть гомогенные и гетерогенные химические превращения, непрерывно протекают многочисленные последовательные и параллельные, прямые и обратные химические реакции.

Общезвестны достоинства газообразного топлива: оно хорошо приспособлено к транспортированию на большие расстояния, при горении не оставляет золы, не выделяет копоти и больших объёмов дымовых газов, процесс сжигания газа легко автоматизировать, температура пламени, как правило, значительно выше аналогичного показателя, получаемого при непосредственном сжигании конденсированных топлив. Кроме того, искусственные горючие газы являются ценным сырьём для химической промышленности (синтез аммиака, производство искусственных жидких топлив, масел, смазок и др.).

Главным преимуществом технологий ГКТ с экологической точки зрения является сравнительно **низкий уровень негативного воздействия на окружающую среду.**

Это, в первую очередь, обусловлено достаточно продолжительным (особенно для газификации в плотном слое) нахождением газообразных продуктов ГКТ сначала в зоне окисления (горения) при температурах от 1 000...1 200 °С и выше, а затем в восстановительной (бескислородной) зоне формирования ГГ. Это **препятствует образованию различных оксидов** (в т.ч. азота и серы), а наиболее опасные вещества (**диоксины, фураны, полихлорбифенилы, бенз(а)пирены** и другие **полициклические ароматические углеводороды**) подвергаются **термическому разложению** и **восстановительному дехлорированию.**

Ещё одним преимуществом газификации в сравнении с прямым сжиганием КТ является образование гораздо меньших объёмов газов, подлежащих очистке. Кроме того, в результате более полного (в сравнении с прямым сжиганием КТ) сгорания газообразного топлива образуется значительно меньше (в разы, а, по некоторым позициям, и на порядки) количество вредных для окружающей среды химических соединений (как в дымовых газах, так и в зольном остатке).

Всё это позволяет существенно сэкономить на дорогостоящем оборудовании газоочистки дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу (стоимость такого оборудования, например, в составе мусоросжигающих заводов составляет более 50%) и оборудовании обеззараживания конденсированных вторичных отходов.

Наличие значительного объёма балластных инертных компонентов (прежде всего, азота N₂ и диоксида углерода CO₂) в ГГ также имеет свою положительную сторону – генераторный газ по сравнению с природным гораздо менее взрывоопасен.

Наконец, при газификации недожог топлива в сравнении с прямым сжиганием существенно ниже, т.к. происходит почти 100% конверсия углерода при переходе его из конденсированного в газообразное состояние, а в ГГ и зольном остатке практически отсутствует сажа (непрореагировавший углерод).

В качестве сырья для газификации могут выступать практически все углеродсодержащие материалы природного и техногенного происхождения, в частности:

- **горючие ископаемые** (*каустобиолиты*);
- **биомасса**, в т.ч. специально выращиваемая фитомасса (например, в фотобиореакторах и / или «энергетических лесах»);
- углеродсодержащие **отходы** производства и потребления, включая бытовые и коммунальные отходы, в т.ч. иловые осадки канализационных и сточных вод.

При этом специально выращенная фитомасса и отходы различного происхождения относятся к **возобновляемым источникам энергии.**

Газифицируемое топливо может обладать широкими диапазонами энергетической плотности (так, содержание углерода может быть до 25% и ниже), гранулометрического состава (от долей до сотен миллиметров), влажности и зольности (до 50% и выше), может быть использовано по отдельности и в самых разнообразных смесях, в жидком, твёрдом и промежуточном между ними (конденсированном) виде.

При этом можно получить ГГ с заданным химическим составом / теплотой сгорания, т.к. это определяется выбранной схемой газификации, температурой, давлением, составом применяемых газифицирующих агентов, наличием и свойствами катализаторов.

Большая энциклопедия под редакцией *С.Н. Южакова*, выпущенная в 1900 ... 1909 гг. книгоиздательским товариществом «Просвещение» (г. Санкт-Петербург) совместно с Библиографическим институтом (города Лейпциг и Вена), определяла «... смысл [газо]генераторной точки ...» как «... достижение высоких тепловых эффектов с помощью газа, получаемого из посредственного по качеству [конденсированного] горючего ...».

В основе технологического процесса газификации лежит способность органической части КТ переходить при определённых условиях из конденсированного в газообразное состояние с образованием монооксида углерода (*угарного газа*) и водорода. **Назначение оборудования ГКТ – создать такие условия.**

Одним из таких необходимых условий является обеспечение процесса термохимической деструкции КТ, называемого пиролизом. Пиролиз внутри реакторов газогенераторов происходит в результате нагрева топлива при отсутствии кислорода.

Нагрев КТ обычно обеспечивается за счёт окисления части газифицируемого топлива ($\approx 10...30\%$ в зависимости от характеристик КТ и оборудования газификации) без подвода теплоты извне, т.е. в автотермическом режиме (хотя существуют и аллотермические газогенераторы с подводом тепла извне).

Вообще, любые конденсированные топлива или их смеси, в т.ч. произведённые из отходов, для автономного сжигания и автотермической газификации должны обладать определённым процентным соотношением горючей массы, влажности и зольности.

Шведский учёный *Таннер* установил, что органические вещества могут самостоятельно обеспечивать стабильность процесса горения при содержании в них горючих веществ (С) не менее 23 %, а влаги (W) и золы (А) – не более 50 % и 60 % соответственно, т.е. находиться в «желтой зоне» треугольника Таннера (см. Рис. 1.1).

Отсутствие кислорода в зонах формирования ГГ и пиролиза (*восстановительной зоне* и *зоне коксования*) достигается тем, что подаваемые в реактор газифицирующие агенты, сбалансированы таким образом, что весь содержащийся в них кислород используется в зоне окисления (*зоне горения*).

В процессах пиролиза КТ, происходящего при температуре $\approx 400...900^{\circ}\text{C}$, и взаимодействия продуктов пиролиза с кислородом газифицирующих агентов при температуре

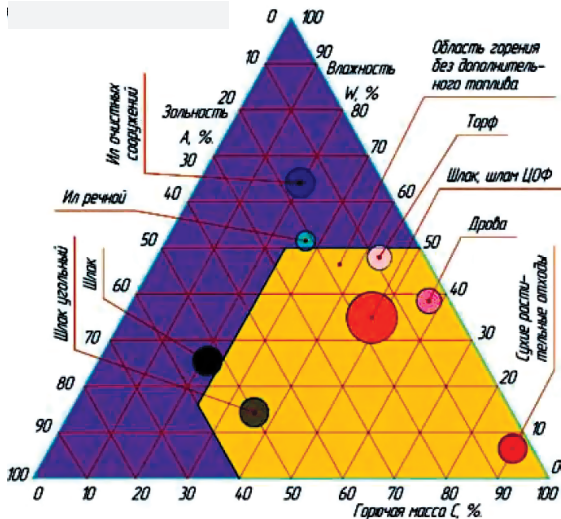


Рис. 1.1 Треугольник Таннера

$\approx 900 \dots 1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по экзотермическим химическим реакциям $C + O_2 \leftrightarrow CO_2 + 409 \text{ кДж / моль}$ и $2C + O_2 \leftrightarrow 2CO + 246 \text{ кДж / моль}$ выделяется теплота. Эта теплота используется в процессах:

- сушки / нагрева КТ при температуре $\approx 150 \dots 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- взаимодействия продуктов пиролиза с диоксидом углерода и водяным паром при температуре $\approx 750 \dots 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по эндотермическим химическим реакциям $C + CO_2 \leftrightarrow 2CO - 162 \text{ кДж / моль}$ и $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2 - 137 \text{ кДж / моль}$;
- подогрева газифицирующих агентов при температуре теплоносителей (продуктов газификации) $\approx 200 \dots 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В результате вышеприведённых химических реакций происходит образование монооксида углерода CO и водорода H_2 – основных горючих компонентов ГГ (другими химическими реакциями, имеющими место при газификации КТ, в виду их незначительного влияния на состав и калорийность ГГ, в большинстве случаев «нехимического» применения технологий газификации можно пренебречь).

Условия, необходимые для протекания химических реакций газификации и сопутствующих им процессов в соответствующих зонах реактора, обеспечиваются правильной организацией теплообмена.

В большинстве случаев эффективность процессов газификации может существенно повышаться при использовании соответствующих катализаторов, позволяющих снижать температуру при сохранении высокой скорости процесса и регулировать состав продуктов.

Таким образом, при правильно сбалансированных потоках топлива, инертного материала (при наличии) и газифицирующих агентов, подаваемых в реактор термохимической конверсии углерода, а также при правильной организации теплообмена внутри реактора исходное КТ с достаточно высокой эффективностью (химический / термический КПД газификации $0,65 \dots 0,95$) преобразуется в конечные продукты термохимической деструкции сложных органических веществ – горючий ГГ и твёрдый зольный остаток.

Глава 2. Зарождение технологий газификации

«... Истинное есть целое. Но целое есть только та сущность, которая завершается через своё развитие ...»

Г.В.Ф. Гегель

«... История человечества, в основном, - история идей ...»

Герберт Уэллс

Археологические раскопки свидетельствуют о том, что ещё пещерные люди (неандертальцы) знали древесный уголь – твёрдый продукт неполной газификации древесины. Более 100 тысяч лет назад вымершие предки современного человека собирали на пожарищах или делали специально, засыпая золой тлеющие головни, и, укрываясь в пещерах от непогоды, использовали затем как высококалорийное и практически бездымное топливо, не вызывающее угара. Таким образом, технология газификации древесины является, по сути, первой в истории человечества химической технологией, а древесный уголь – соответственно первым продуктом, получаемым с помощью этой технологии. Существует мнение, что овладение технологией получения древесного угля было первым импульсом, создавшим, наряду с последующими открытиями, нашу технократическую цивилизацию.

При этом древесный уголь служил не только в качестве топлива, но и был средством культурного развития древнего человека. С помощью древесного угля примерно 40 тысяч лет тому назад были сделаны и одни из первых (а, может быть, и первые) в истории нашей цивилизации наскальные рисунки (см. Рис. 2.1).



Рис. 2.1 Рисунок мамонта, сделанный при помощи древесного угля

Примерно тогда же неандертальцы научились при помощи сухой перегонки (пиролиза) превращать берёзовую кору в дёготь, ставший первым клеящим веществом в истории человечества. Берёзовый дёготь служил древним предкам человека для соединения каменных и деревянных частей орудий труда и охоты.

2 500 – 3 000 лет до нашей эры в Месопотамии и Египте жидкое природное топливо – нефть, будущий объект газификации, уже использовали как связующее и водонепроницаемое вещество при сооружении дамб, причалов, дорог, зданий из кирпича и камня.

Нефтяным битумом покрывали стены зернохранилищ и водохранилищ. Нефть добавлялась в состав для бальзамирования в Древнем Египте. Нефть также заливали в светильники и применяли в качестве лекарства при кожных болезнях у людей и домашних животных (в частности, для лечения чесотки у верблюдов).

Древние ремесленники-углегоги также использовали похожие на газификацию технологии, сжигая и коксуя твёрдые топлива при недостатке

кислорода. Примечателен в этом отношении факт из весьма древней истории. Археологи установили, что немногим более 3 000 лет назад в Древнем Египте внезапно прекратилась выплавка меди. Связано это было с тем, что к этому времени в окрестностях месторождения меди были полностью вырублены все пальмовые леса, в результате чего исчез получаемый из пальм древесный уголь. Из-за нехватки топлива плавильные печи гасли одна за другой, и, в конце концов, производство необходимого населению металла совсем заглохло, хотя самой меди оставалось ещё достаточно (аналогичная ситуация сложилась в XV ... XVII веках в Европе; см. ниже). Дерево играло в те времена столь решающую роль в жизни общества, что в истории остались упоминания о «блуждающих» городах. Например, столица Эфиопии – Аддис-Абеба – несколько раз «переезжала» с места на место по мере того, как жители вырубали окрестные леса.

Древнегерманские племена, обитавшие на заболоченных территориях бассейна Эльбы около 1 000 лет до н.э., положили начало истории использования природного (болотного) газа, придумав примитивный газопровод. Они сооружали специальные кожаные трубы и таким нехитрым способом проводили газ к своим жилищам для обогрева, а также готовили на газе еду.

Несколькими веками позднее (в VI... IV-м веке до н.э.) природное газообразное топливо научились использовать в целях отопления и освещения древние китайцы. К месту сжигания газ доставлялся по бамбуковым трубам. Древние жители Кавказа и Карпат также пользовались природным газом для приготовления пищи и обогрева жилищ.

В V-м веке до н.э. древнегреческий историк, «отец истории» *Геродот* писал о «вечных огнях» на горе Химера, расположенной в Малой Азии. Источники природных горючих газов были известны также в Азербайджане, Иране, Ираке и Индии. Обилие горящих факелов привело к возникновению в этих местах религии т.н. «огнепоклонников» – приверженцев учения зороастризма (маздеизма) и последователей пророка *Заратустры (Зороастра)*.

Академик *Ю.И. Боксерман* в работе «Газовая промышленность России» датирует начало использования природного газа в Евразии в ритуальных целях приблизительно I-м веком н.э., когда на Апшеронском полуострове, на месте естественного выхода газа на поверхность был построен храм огнепоклонников. Старинный храм огнепоклонников в Сураханах (Апшеронский полуостров, Азербайджан) сохранился наших дней в качестве музея (а до 1870-х годов там проходили и «богослужения»). Имеются свидетельства, что в Китае и Месопотамии также существовали подобные храмы, горючий газ к которым подавался по тростниковым трубам и загорался только при исполнении религиозных обрядов. Выходы горючих газов из земли имели место и на территории Европы – в местечке Питера Мала (Италия), в Ланкашире (Англия) и др.

Уже в нашу эру (I-е тысячелетие н.э.) были зафиксированы первые примеры «народно-хозяйственного» использования газообразного топлива: когда в китайской провинции Сычуань при бурении скважин для добычи соли было открыто газовое месторождение Цзылюцзынь, местные жители научились использовать этот газ для выпаривания соли из рассола. Примерно тогда же главными проводниками технологий ГКТ в жизнь стали угольщики-углежогги (англ. «*charcoal - burner*» или «*collier*», нем. «*köhler*»), одни из любимых персонажей народных сказок, сложенных в Европе как минимум тысячу лет назад. Правда углежогам (см. Рис. 2.2) и смолокурам нужны были твёрдые (древесный уголь и, позднее, каменноугольный кокс) и /или смолообразные (дёготь, каменноугольная смола, пёк и т.п.) продукты термического разложения топлив.

Горячий газ, неизбежно выделяющийся при этом, являлся лишь побочным продуктом и долгое время никак не использовался. Целью же огнепоклонников было увеличение продолжительности процесса горения (дабы не торопясь совершить все необходимые религиозные ритуалы).

А вот коренные жители Америки оказались более практичными. Они придумали вынимать сердцевину в древесных чурках и ограничивать доступ воздуха с одного из торцов. В результате происходила газификация древесины, а выделяющийся при этом ГГ свободно горел с другого торца и использовался американскими индейцами для освещения и обогрева жилищ, а также для приготовления пищи. Считается, что в Европу, а затем и в другие части света, этот древний газогенератор, получивший название «индейская свеча», был привезён из Америки Христофором Колумбом. В настоящее время «индейская свеча», известная также как «деревянный примус», до сих пор используется для приготовления пищи в походных условиях (см. Рис. 2.3).



Рис. 2.2 Углежюги за работой. Средневековая гравюра



Рис. 2.3 «Индейская свеча» хорошо известна и современным туристам
повела *Мария Профетисса* (известная так же, как *Мария - еврейка*, *Мария коптская* и *Мария Хебреа*, см. Рис. 2.4).

Эта женщина, жившая в I-м (по другим данным во II-м и даже в III-м) веке н.э., была основательницей александрийской алхимической школы. Она изобрела ряд химических аппаратов, используемых и в наше время, а также описала ряд фундаментальных (как для алхимии, так и, в дальнейшем, для химии) процессов, в т.ч. и процесс сублимации (переход вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкое). *Мария* также предложила инструменты, многие из которых и сегодня можно найти в любой химической лаборатории, ей же принадлежит честь синтеза ряда веществ, например, соляной кислоты.

Кроме того, она написала книгу «*О печах и аппаратах*», став первой в истории женщиной, которая сочиняла книги и подписывала их своим именем.

В состав легендарного секретного оружия Византийской империи – «греческого огня» – изобретённым в 673 (по другим данным – в 330) году от Рождества Христова сирийским учёным-химиком и инженером-механиком *Каллиником*, входили, по мнению ряда исследователей, продукты газификации (перегонки) конденсированных топлив (нефти, различных горючих смол и масел, угля, серы и т.п.).

Жившие в те времена византийцы чаще называли «греческий огонь» «морским огнём», т.к. наиболее эффективен он был в борьбе с судами их противников (см. Рис. 2.5).



Рис. 2.4 Мария-еврейка и её «белая трава на горе» - основа алхимических рецептов получения золота



Рис. 2.5 «Греческий огонь» в действии. Средневековая миниатюра

ших предков был практически полностью уничтожен под стенами столицы Византийской империи. В 941 г. при помощи этого оружия была одержана победа над флотом другого русского князя *Игоря*, который также подошёл непосредственно к крепостным стенам Константинополя.

В статье «*Греческий огонь без селитры*», опубликованной в журнале «Химия и жизнь» № 2 за 2010 г., *М.Ю. Тарасов* довольно убедительно изложил свою версию состава этой горючей смеси и способа её метания. Он предположил, что главным компонентом «греческого огня» была сырая нефть. А для создания силы, выбрасывающей нефть из огнемётного устройства, называемого «сифоном», византийцам достаточно было просто вовремя поджечь легкогорючий нефтяной газ, образующийся при нагревании и газификации самой нефти (см. Рис. 2.6), а не использовать меха или другие внешние механизмы, повышающие давление внутри сифона. При этом выбрасываемую из сифона горючую смесь не обязательно специально поджигать - с этим могли справиться раскалённые газы, прорывающиеся вместе с нефтью из жерла сифона.

Так в 717 г. этим огнём был сожжён огромный мусульманский флот, состоящий из 1 800 кораблей.

В летописи *Нестора*, «греческий огонь» упоминается при описании похода 907 года киевского князя *Олега* на Царьград (Константинополь), когда флот наших

Не исключено, что при воспламенении распыленной нефти мог происходить и объёмный взрыв, повергавший противника в ужас. По некоторым данным помимо византийцев «греческий огонь» позднее стали применять арабы в битвах с крестоносцами, русичи в войне с Волжско-Камской Булгарией и турками-османами при осаде и взятии в 1453 г. всё того же Константинополя.

В IX-м веке газификацией жидких веществ с целью получения парфюмерных продуктов и лекарств занимался арабский философ, математик и химик *Аль-Кинди* (в Европе был известен под именем *Alkindus*). Он также обосновал технологию получения чистого спирта перегонкой вина и создал перегонный куб «алембик» (см. Рис. 2.7), который в виде самогонного аппарата хорошо знаком жителям многих стран, включая россиян.



Рис. 2.7 Перегонный куб «алембик» Аль-Кинди – газогенератор жидкостей

Надо признать, что и производство искусственных горючих газов сыграло в этом деле не последнюю роль. Но можно взглянуть на ситуацию по-другому и сказать «спасибо» светильному газу за то, что он «высветил» насущную проблему газоочистки (см. Гл. 3).

К оборудованию газификации твёрдых, в данном случае взрывчатых веществ, можно отнести и все виды огнестрельного оружия, первые образцы которого появились в Европе в XIV-м веке (древние египтяне, индусы и китайцы, возможно, изготавливали и использовали его ещё во 2-м тысячелетии до нашей эры). Правда, в этом случае, как и, скорее всего, с *Тангути* и *Марией Пророчицей*, либо исходное сырьё, либо получаемые газы, либо то и другое (например, при газификации воды с получением водяного пара) не являются горючими. И потому в данной книге эти случаи газификации предметно не рассматриваются.

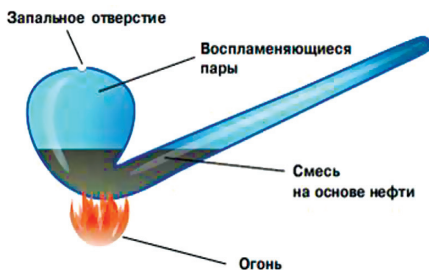


Рис. 2.6 Возможное устройство сифона для метания «греческого огня»

К XII-му веку относятся первые письменные свидетельства продажи – покупки дёгтя (жидкого продукта пиролиза древесины, прежде всего, берёзы). Хотя есть мнение, что древние греки и скандинавы получали и использовали (главным образом, для просмаливания судов и как лечебное средство) дёготь ещё в 3-м тысячелетии до нашей эры.

В 1273 г. в Англии, во времена правления короля *Эдуарда IV*, был принят первый законодательный акт в истории охраны воздушной среды. Этот закон запрещал использование каменного угля в Лондоне для отопления. Нарушительно королевской воли полагалась смертная казнь. Спустя шесть веков, во второй половине XIX-го столетия, проблема загрязнения воздушного бассейна проявится в том же Лондоне и других крупных городах Европы и США с гораздо большей силой.

Определенных успехов в постижении тайны получения «голубого огня» и его «приручении» добились средневековые алхимики, которые в ходе своих поисков философского камня не раз совершали весьма важные для науки открытия.

В XV ... XVII веках в Европе наблюдался резкий рост населения, повлекший за собой быстрое истощение традиционного энергоносителя – древесины. Предприятия горной промышленности оказались на грани остановки из-за отсутствия топлива для железоплавильных печей (древнеегипетская история грозила повториться; см. выше). Сложившийся топливный кризис стал мощным толчком для поиска новых видов топлив. В результате вместо древесины широко стали применяться горючие ископаемые (каустобиолиты), прежде всего, каменный уголь.

К XVI-му столетию относится начало применения технологии неполной газификации (пиролиза) в промышленных масштабах. В это время шведские корабли освоили пропитку древесины дубильными смолами, получаемыми в результате пиролиза древесины, главным образом сосны. Происходило это следующим образом. В медный чан закладывались поленья хвойных пород древесины, чан герметично закрывался, чем достигалось отсутствие доступа воздуха внутрь. Чан на открытом пламени разогревали до температуры 400 ... 500 °С, на дне скапливались маслянистые смолы, которые периодически сливались через специальное отверстие.

Примерно в это же время, в связи с развитием металлургии получил новое развитие и другой промысел, основанный на технологии пиролиза древесины, – углежжение. При нагревании древесины без доступа воздуха получался древесный уголь. Его использовали в качестве топлива и восстановителя при выплавке чугуна и стали.

В 1589 г. англичане *Проктер* и *Петерсон* первыми получили кокс из каменного угля.

В 1596 г. впервые были переработаны горючие сланцы (из них стали получать ихтиол). Произошло это в местечке Зеефилд, расположенном на территории современной Австрии.

В XVII-м веке работниками английских угольных копей было отмечено, что поднимающийся из трещин угольных пластов газ горюч и даёт при горении светящееся пламя.

В 1649 г. немецкий химик *Иоганн Глаубер* получил в результате перегонки каменноугольной смолы (жидкого продукта пиролиза угля) жидкое вещество, получившее позднее, в XIX-м веке, имя «бензол» и химическую формулу C_6H_6 (см. Гл. 3).

В 1667 г. английский учёный *Томас Шурлей* в своей работе «*Philosophical Transactions*» попытался объяснить способность газа светить при горении, а продолживший его исследования профессор химии *Иоганн Бехер* из Мюнхена в 1680 г. получил светящийся газ посредством перегонки торфа и каменного угля и назвал его «*философским светом*».

Технологиями получения искусственных горючих газов (к которым относится и ГГ) как главных целевых продуктов человечество окончательно овладело в конце XVII-го ... начале XVIII-го века, когда в Англии в результате нагрева угля без доступа кислорода получили газ, способный гореть на воздухе (хотя существует предание, что ещё в XIII-м веке некий парижанин по имени *Езекииль* получал подобным образом горючий газ и использовал его для освещения и обогрева собственного жилища, а также историческое свидетельство о получении в 1609 г. горючего газа из древесного угля *Джоном Ван Хельмонтом* из Брюсселя).

В 1690-е годы химик *Джон Клейтон* открыл и впервые научно описал процесс получения горючего газа путём сухой перегонки древесины. Однако *Клейтон* не смог найти этому газу практическое применение и использовал его лишь для забавы своих гостей.

В 1694 г. в Англии был выдан первый патент на термическую переработку горючих сланцев.

В 1709 г. *Абрагам Дерби* (Англия) впервые выплавил железо с помощью каменноугольного кокса, вместо применявшегося с незапамятных времен древесного угля.

В начале XVIII-го века студенты университета бельгийского города Леуvene, посещавшие лекции профессора *Йоханна Петруса Минкелерса* (1748-1824 гг.; см. Рис. 2.8), писали по вечерам свои конспекты при свете созданного их преподавателям фонаря, работающего на искусственном газе.

Работавшие в первой половине XVIII-го века учёные *Галль*, *Уотсон*, *Клайтон* проводили опыты по получению каменноугольного газа, причем *Клайтон* в 1739 г. даже разработал способ транспортировки небольших его порций на малые расстояния.

В 1740-х годах жители немецкого города Вюрцбурга вечерами собирались под окнами профессора *Пиккеля*, чтобы полюбоваться на необычный свет, струившийся из окон его кабинета. Свет этот давал при сгорании горючий газ искусственного происхождения.

В середине XVIII-го века Британия вступила в период промышленной революции, эпоху перехода к индустриальному обществу. Уголь обеспечил производство энергоресурсами, а демографический взрыв – рабочей силой. Увеличение числа фабрик и заводов, систематическая работа в вечерние и ночные смены, быстрый рост торговли и городов вызвали потребность и в новых источниках освещения. Свет от традиционных масляных ламп и свечей в цехах оказался недостаточным.

В 1766 г. *Генри Кавендиш*, британский физик и химик, член Лондонского королевского общества открывает водород, который образует с воздухом (кислородом) взрывоопасные смеси. Позднее он изобрёл «эвдиометр» - прибор для анализа газовых смесей, содержащих горючие компоненты.

В 1773 году британский аристократ *Арчибальд Кокрейн* пытался наладить переработку каменного угля в смолу, пригодную для ремонта поврежденных судов. Во время опытов он поджигал образовавшиеся при этом газы. Дело происходило в одной из башен аббатства Карлос, расположенного на берегу залива Ферт-оф-форт, и полученный свет оказался настолько ярким, что его было видно за несколько километров (несколькими десятилетиями спустя этот эффект будет использован в маяках; см. Гл. 3 и Гл. 9). Таким образом, *Кокрейн* может считаться одним из многочисленных претендентов на лавры изобретателя газового освещения.



Рис. 2.8 Й.П. Минкелерс увековечен в родном голландском городе Маастрихт с газовым светильником в руках

В 1773 - 1774 гг. французский химик *Антуан Лавуазье* (см. Рис. 2.9), основоположник современной химии, провёл удачные опыты по термическому разложению водяного пара с целью получения кислорода и водорода.



Рис. 2.9 Антуан Лавуазье (1743 – 1794 гг.)

сид углерода (угарный газ) CO – один из основных компонентов большинства искусственных горючих газов.

1777 год многие исследователи техники считают годом, когда был сделан первый шаг к созданию двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Тогда были проведены опыты по подрыву с помощью электрической искры смеси воздуха с горючим каменноугольным газом в капсуле.

Провёл эти опыты *Алессандро Вольта* – итальянский естествоиспытатель, физик, химик и физиолог, наиболее прославившийся, как один из основоположников учения об электричестве. Кроме электричества его интересовали и горючие газы (как природные, в частности, ему принадлежит открытие в 1776 г. и изучение свойств «болотного газа» - метана, так и искусственные). *Вольта* также конструировал газовые горелки и пистолеты, изобрёл водородную лампу и эвдиометр (прибор для определения количества кислорода в воздухе).

В 1781 г. *А. Лавуазье* создал первый лабораторный газгольдер для хранения газов.

В 1782 г. итальянский профессор *Феличе Фонтана* впервые исследовал процесс разложения водяного пара над раскалённым углём и обнаружил образование горючего газа (смеси водорода и монооксида углерода), названного позднее «водяным газом».

В 1783 г. голландский физик *Гюнгенс* соорудил машину, в которой поршень поднимался вверх под воздействием продуктов газификации порохового заряда.

В 1788 г. *Роберту Гарднеру* был выдан первый патент на способ газификации угля.

Лавуазье, кстати, и ввёл в обращение эти термины. До этого воздух в течение многих тысячелетий считался единым и неделимым элементом. И только в 1760 ... 1770 годы самые «продвинутые» химики, в т.ч. и сам *Лавуазье*, кислород стали называть «горючим («огненным»), «жизненным», «дефлогистированным») воздухом», а азот и углекислый газ - «негорючим («безжизненным») воздухом».

В течение этих же двух лет (1773 - 1774 гг.) шведский химик *Карл-Вильгельм Шееле* и британский естествоиспытатель *Джозеф Пристли* независимо друг от друга и от *Лавуазье* получают кислород. Занимался *Пристли*, также как и *Лавуазье* и многие другие известные учёные того времени, в частности, *Ван-Гельмонт* и *Гей-Люсак*, и проблемой получения из конденсированных топлив горючих газов.

В 1776 г. французский врач *Ж. де Лассон* в ходе опытов по нагреванию древесного угля с монооксидом (окисью) цинка получил монооксид

Глава 3. Становление и применение технологий газификации в Европе конца XVIII-го ... середины XIX-го века

«... Один сумасшедший предлагает осветить Лондон, и чем бы вы думали?

Представьте себе – дымом! ...»

Вальтер Скотт

«... Сделать изобретение легко;

гораздо труднее найти ему практическое применение ...»

Томас Эдисон

К концу XVIII-го века были нащупаны возможности производства искусственного газа с последующим применением его в хозяйственных и промышленных целях. Тогда же, горючий газ, получаемый из каменного угля и других топлив (главным образом, древесины, жира морских животных и, в последующем, нефти и нефтепродуктов), научились использовать. Так, первая в мире газовая турбина, точнее – газотурбинный двигатель (см. Рис. 3.1), запатентованный в 1791 г. англичанином *Джоном Барбером*, работал именно на таком газе – пиролизном газе, получаемом при сухой перегонке каменного угля.

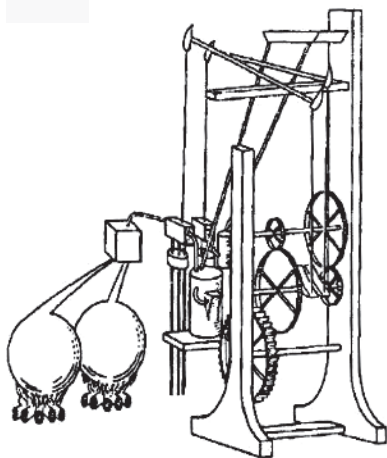


Рис. 3.1 Схема газотурбинного двигателя Джона Барбера, 1791 г.

Горючий газ и воздух поршневыми компрессорами подавались в камеру сгорания. Продукты сгорания поступали в осевую активную газовую турбину, которая через механическую передачу из цепей и балансиров приводила упомянутые компрессоры. Была даже предусмотрена система водяного охлаждения турбины. Таким образом, двигатель *Барбера*, содержал все основные элементы газотурбинного двигателя. Двигатель был разработан для приведения в действие безлошадной повозки.

Для успешного преодоления дистанции, отделяющей теоретические исследования от практики, требовалось создать определенные условия. Внедрение изобретений во все времена может быть осуществлено только при наличии:

- интеллектуальных ресурсов, способных не только генерировать, но и развивать и адаптировать перспективные идеи к имеющемуся в наличии уровню научного и промышленного развития;
- государственных деятелей / бизнесменов / некоммерческих структур, способных и готовых проинвестировать связанные с этим работы;
- потенциальных клиентов, нуждающихся в созданных на основе изобретений товарах и / или услугах, и способных их приобрести.

Таким образом, зарождение промышленности искусственных горючих газов (как и любой другой новой отрасли) могло произойти только в странах с мощной и достаточно развитой экономикой (с крупными фабрично-заводскими предприятиями) и относительно высоким уровнем образования.

По состоянию на конец XVIII-го века условиям, перечисленным выше, в наибольшей степени отвечали два европейских государства – Великобритания и Франция. Дополнительным фактором служило то обстоятельство, что эти две страны уже долгое время находились между собой в жестком политическом и экономическом противостоянии. В частности, они не могли допустить усиления противника хоть на каком-то направлении развития науки и техники. И не случайно, именно английские и французские учёные, зачастую едва ли ни дыша друг другу в затылок, бились над одними и теми же задачами.

Именно так и случилось с технологией и оборудованием газификации конденсированных топлив: даже по прошествии более, чем двух столетий историки не пришли к единому и однозначному мнению кому же здесь принадлежат лавры первооткрывателя – англичанину (шотландцу) или французу.

Часть историков считает, что создателем первого газогенератора является французский инженер, профессор механики Парижской школы мостов и дорог *Филипп Лебон* (см. Рис. 3.2).

Однажды, в 1788 г. (по другим данным двумя годами ранее) он бросил горсть сухих древесных опилок в стоявший на огне сосуд. Через некоторое время из сосуда поднялся густой дым, который вспыхнул на огне и дал яркое светящееся пламя. Ученый понял, что случай помог ему сделать открытие чрезвычайной значимости.

В 1794 г. (по другим данным пятью годами позже) *Ф. Лебон* получил патент на аппарат перегонки древесины и угля, в 1799 г. - на постройку газового завода (с получением горючего газа, древесного спирта и дёгтя), а ещё через два года, в 1801 г., - на проект газопоршневого двигателя. Он работал по принципу парового двигателя, только вместо пара в его цилиндр подавался искусственный горючий газ, зажигаемый поочерёдно по ту и другую стороны поршня (см. Рис. 3.3).



Рис. 3.2 Филипп Лебон (1769 - 1804 гг.)

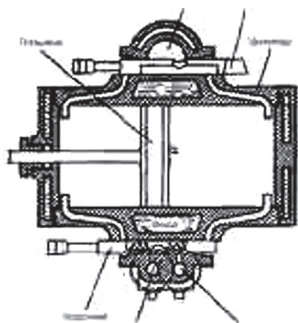


Рис. 3.3 Схема газопоршневого двигателя Филиппа Лебона

К началу XIX-го века *Лебон* осветил свой дом и сад газовыми фонарями. Один из парижских журналов тогда откликнулся на эти события следующими словами: «... *Господин Лебон доказал, что рачительно собранным дымом можно произвести приятную теплоту и весьма яркий свет. Делая опыты над своим изобретением, сверх семи комнат, осветил он целый сад ...*».

30 ноября 1799 г. *Ф. Лебон* предложил правительству Франции аппарат для общественного отопления и освещения, но предложение отвергли. Это было вполне в духе времени - пятью годами ранее на просьбу отсрочить казнь другому выдающемуся учёному *А. Лавуазье*, имеющему отношение и к нашей теме (см. Гл. 2), революционным судом было заявлено: «*Республика не нуждается в гениях!*». Как мне это напоминает ещё одну страну! (только в ней это происходило и происходит независимо от политического режима ...).

Свой аппарат для перегонки в газообразное состояние твёрдых топлив *Лебон* назвал «термолампом», что в переводе означает «теплосвет». Некоторое

время спустя это название позаимствует для своего аппарата получения горючего газа отечественный изобретатель *П.Г. Соболевский* (см. Гл. 4).

В 1801 г. русский посол во Франции *Д.А. Голицын* предложил профессору переехать в Россию, для внедрения там своего изобретения, но француз отказался покидать родную страну. Не смотря на данный ранее отказ французского правительства, он был уверен, что его изобретение будет полезно Франции.

Вскоре *Ф. Лебон* за свой счёт оборудовал систему газового освещения в парижской гостинице «Сеньеле». Благодаря его усилиям была освещена и одна из парижских улиц (Сент-Доминик).

Эта деятельность учёного вызвала нешуточную обеспокоенность многих коммерсантов, отвечающих в то время за уличное освещение и получающее на этом немалый доход. Они развернули травлю изобретателя, не прекращавшуюся до его таинственной смерти в 1804 г. в 35-летнем возрасте (его труп нашли на Елисейских полях с 13-ю кинжальными ранами в груди).

Другая, не менее представительная часть историков уверена, первенство в области ГКТ по праву принадлежит шотландскому механику и изобретателю *Уильяму Мердоку* (см. Рис. 3.4), работавшему в конце XVIII-го века у знаменитого изобретателя парового двигателя *Джеймса Уатта*.

Мердок параллельно и не зависимо от *Лебона* занимался вопросами получения горючего газа из твёрдого топлива (прежде всего из каменного угля) в Англии. Есть сведения, что он, начиная с 1792 г. осуществлял эксперименты, результатом которых стало получение искусственного горючего газа из каменного угля (существовало, правда, мнение, что газ был всё-таки побочным продуктом, а целью *Мердока* было «светильное масло»). Кроме того, начиная с 1798 г. он разрабатывал различные конструкции газовых горелок, в которых сжигал полученный газ, а также исследовал формы реторт, где собственно и осуществлялся процесс газификации.

Первый сконструированный *У. Мердоком* газовый фонарь состоял из реторты с углями, четырехфутовой гнутой стальной трубки и старого мушкета. Этот светильник воспламенялся посредством оружейного кремневого бойка, наподобие современной зажигалки.

Ещё одним изобретением шотландца стал переносной газовый фонарь по конструкции и размерам напоминавший шотландскую волынку. Газом *Мердок* освещал собственный дом в Редруте и офис в Корнуэлле, а также с 1802 г. фабрику *Бультона* и *Уатта* в Бирмингеме (по другим данным – это произошло на несколько лет раньше) и с 1803 г. - бумагопрядильную фабрику *Филитса* и *Ли* в Манчестере, а также один из лондонских театров.

Разрешить этот спор можно, уточняя вид твёрдого топлива, из которого научились производить, и, главное, применять горючий газ наши претенденты. Применительно к древесине и биомассе в целом первенство с чистым сердцем можно отдать французам *Филиппу Лебону*. А вот когда речь зайдёт об угле и других горючих ископаемых (каустобиолитах) – тут бесспорным пионером будет англичанин (шотландец) *Уильям Мердок*. Но лично я бы разрешил этот спор в пользу обоих учёных и присвоил бы их изобретению двойное имя – газогенератор *Лебона-Мердока*, ну, или *Мердока-Лебона*. Тем более что в научном мире это довольно распространённое явление.



Рис. 3.4 Ульям Мердок (1754 - 1839 г.)

Генераторный (точнее – пиролизный) газ первоначально, в начале позапрошлого столетия, был назван «*светильным газом*» (в английской терминологии: «*outdoor lighting gas*»). Такое название объясняется тем, что главным его предназначением в течение почти всего XIX-го века и до середины XX-го века включительно было освещение улиц и площадей городов Европы, США, Канады и Австралии (см. Рис. 3.5).

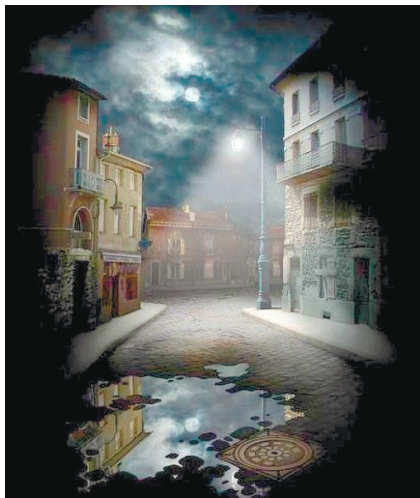


Рис. 3.5 Ночь, улица, фонарь,
... (аптека – за углом)

Присоединился к скептическому хору, в частности, и всемирно известный английский писатель *Вальтер Скотт* (см. эпиграф к главе). Однако насмешки не остановили изобретателей. *Винцгер* и *Мердок* настойчиво доказывали повсюду свою правоту. И вот в 1804 г. в Лондоне было учреждено первое общество газового освещения, а в 1806 г. огни газовых фонарей осветили улицу Пэлл-Мэлл в английской столице. Стараниями британцев, трепетно относящихся к своей истории, именно этот год считается годом рождения мировой газовой отрасли.

В том же 1806 году в Лондоне впервые в истории была осуществлена очистка газов от вредных примесей средствами химического связывания (при очистке светильного газа от сероводорода), а стараниями *Дэвида Мервила* первые экспериментальные установки для получения светильного газа появились и за океаном в США.

Первые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) использовали в качестве топлива именно газообразное топливо искусственного происхождения. Так, в 1806 г. швейцарским инженером *Франсуа Исааком де Ривасом* был построен и год спустя запатентован, первый в истории ДВС, работающий на смеси воздуха с каменно-угольным светильным газом либо на водородно-кислородной газовой смеси.

В 1807 году он подал заявку на патент под названием «*Использование взрыва светильного газа или иных взрывающихся материалов как источника энергии в двигателе*».

В том же году изобретателем была предпринята попытка встроить этот двигатель, состоящий из цилиндра, в котором за счёт взрыва горючей газовой смеси поршень перемещался вверх, а при движении вниз приводил в действие

Примерно полтора века (в течение почти всего XIX века и более половины XX века) ГГ уже был в числе основных энергоносителей нашей цивилизации. Более того, газовое освещение было в XIX-м столетии синонимом просвещения и технического прогресса.

Правда, когда в начале XIX-го века ещё один энтузиаст газификации *Фридрих Альберт Винцгер*, уроженец немецкого города Брауншвейга, предложил использовать для освещения Лондона газ, образующийся при нагревании без доступа воздуха каменного угля, его встретил град насмешек и издевательств. Владельцы свечных заводов, боясь потерять свои прибыли, объявили изобретателя сумасшедшим. О нём писали фельетоны, слагали саркастические стишки и забавные песенки.

качающийся рычаг или ременной шкив, в некое подобие автомобиля. Но очередная война (*де Ривас* был офицером наполеоновской армии) прервала дальнейшее развитие этого предшественника автомобиля с ДВС.

Почти сразу светильный газ стали использовать в качестве источника света на маяках – сначала в Англии (с 1806 или 1807 года), а затем, с 1818 г. – в итальянском Триесте и с 1819 г. – в окрестностях немецкого Данцига (теперешнего польского Гданьска).

С 1809 года заводчик и инженер *Оберто* (Франция) начал использовать колошниковый (доменный) газ для цементации стали (насыщения поверхностного слоя углеродом), обжига кирпича, выжигания извести и для других подобных термических процессов. Два года спустя *Оберто* взял привилегии на эти процессы.

В 1811 г. *П.Г. Соболевский* завершает работы по созданию первого российского аппарата для получения светильного газа (см. Гл. 4).

По проекту *У. Мердока* в начале XIX-го века были освещены прядельные фабрики в графстве Ланкашир и мануфактуры в Сохо.

Эти успехи, привлекли внимание других учёных и инженеров, которые занялись усовершенствованием разработок *Мердока*. В их числе можно отметить химика *Генри* и механика *Клегга*.

Сэмюэлю Клеггу принадлежит, в частности, идея применения извести для очистки газа. Он предложил также особую систему приемников, в которых могла стучаться смола, прибор для регулирования давления, ретортные печи со сводом (т.н. «печи Клегга») и изобрел газометр-счетчик. Наконец именно под руководством *Клегга* 13 декабря 1813 г. впервые осветили газом Вестминстерский мост (именно этот год некоторые историки называют датой создания газового хозяйства в Лондоне).

В тот же 1813 год первые экспериментальные газовые фонари зажгли на Адмиралтейском бульваре в столице Российской Империи Санкт-Петербурге (см. Гл. 4).

В 1814 г. газовые фонари загорелись на улице Святой Маргариты в Лондоне.

В 1815 г. англичанином *Джоном Тайлором* была взята привилегия на освещение масляным газом, для добывания которого он употреблял животные и растительные масла. Таким газом освещались некоторое время города Ливерпуль и Гуль. Однако лишь в 70-х годах XIX-го века освещение масляным газом получило распространение в Европе, когда этот газ стали получать из минеральных масел, нефти и нефтяных остатков.

Использовался для освещения Лондона и горючий газ, образующийся в системе городской канализации и состоящий преимущественно из метана. Лондонцы такие фонари, стойки которых были сделаны из чугуна, называли «Железными Лилли». Однако главным предназначением данных фонарей было не освещение городских улиц и площадей, а предотвращение образования взрывоопасных смесей в подземных полостях путём их непрерывного сжигания.

Среди основоположников технологий газификации КТ и последующего использования ГГ можно также отметить нашего соотечественника *П.Г. Соболевского* (см. Гл. 4), *С. Миткереома* (Бельгия), инженера *Бернардуса* (Нидерланды), англичанина *Роберта Стрита* и американца *Питера Купера*.

В 1815 г. трубы газового завода задымили в американском городе Балтиморе (по другим данным – годом и даже шестью годами позже) и на тёмные ночные улицы города пришёл газовый свет. *Эдгар По* так описал его в своем «Человеке толь»: «... лучи газовых фонарей, вначале с трудом борющиеся со светом угасающего дня, теперь сделались ярче и озаряли все предметы своим нервным

сиянием. Все вокруг, было мрачно, но сверкало подобно черному дереву, с которым сравнивают слог Тертуллиана ...».

1816 год считается стартовым для газового хозяйства Парижа (см. Рис. 3.6).

В том же году в английском Брайтоне под руководством У. Мердока построен первый промышленный газгольдер (ёмкость или здание для хранения газа, изначально – светильного).

Сооружение имело прямоугольную форму и состояло из металлического бассейна с водой, над которым располагался металлический колокол. Газ наполнял пространство между бассейном и колоколом, поднимающимся по вертикальным направляющим. Данный газгольдер относился к типу т.н. «мокрых газгольдеров», представляющих собой либо отдельную конструкцию, либо устанавливающихся в специальном здании. Четырьмя годами позже датируется появление первого газгольдера цилиндрической формы (автор – другой англичанин и основоположник газового дела С. Клегг).

В том же 1816 году свой первый патент на «... машину, которая производит движущую силу посредством нагретого воздуха ...» получил пастор, впоследствии министр Шотландии по делам церкви, Роберт Стирлинг. В 1827 и 1840 гг. он получил ещё два патента на усовершенствованные двигатели внешнего сгорания.

Проиграв двигателям внутреннего сгорания конкурентные битвы в XIX-м и XX-м столетиях, двигатели Стирлинга имеют хорошие шансы взять реванш в текущем веке. Естественно, что в качестве топлива для таких двигателей могут быть использованы и горючие газы, полученные искусственным путём. А, учитывая некоторые особенности этих газов, именно двигатели внешнего сгорания являются предпочтительными в случае преобразования химической и тепловой энергии генераторных и им подобным газов в механическую и в электрическую энергию (см. Гл. 31).

В 1818 ... 1820 гг. зажглись газовые фонари в Париже, в частности, в зале французской Королевской академии музыки и танца (знаменитой «Гранд – Опера»; см. Рис. 3.7).

Но далеко не везде светильный газ принимался благосклонно. Так, в 1819 г. на предложение осветить газом улицы немецкого Кёльна отцы города ответили решительно и твёрдо: «... Ночное освещение улиц противно божеским законам, ибо господь не для того создал мрак ночи, чтобы человек нарушал его ...».

По мнению полиции многих стран, ночное освещение делает лошадей пугливыми, а воров и разбойников, напротив, смелыми. Крайне вредными для здоровья считались также возможные утечки газа. В викторианскую эпоху считалось, что от светильного газа портились обои, книги, мебель, серебро. Т.к. при горении газа расходовался кислород, комнаты требовалось тщательно вентилировать.



Рис. 3.6 Парижский газовый фонарь XIX-го века, доживший до наших дней. На заднем плане – Эйфелева башня



Рис. 3.7 Зрительный зал парижской «Гранд – Опера»

вым предложил наполнять аэростаты светильным газом вместо водорода (позднее он совершил на них 498 полетов), а другой англичанин *Самуэль Браун* построил первый в истории газовый ДВС, работающий на светильном газе и получил на него два патента.

Поршень в цилиндре его машины поднимался за счёт давления сгоравшей газозвушной смеси, а опускался под действием атмосферного давления. Разрежение под поршнем создавалось за счёт охлаждения оставшихся после выпуска из цилиндра продуктов сгорания. Воспламенение газозвушной смеси производилось при помощи открытого пламени. В двигателе *Брауна* впервые предусматривалось водяное охлаждение. Экспериментировал в 1820-е годы изобретатель и с собственным двигателем на водородном топливе. Причём этот ДВС *Браун* предполагал использовать в качестве силового агрегата транспортного средства.

В 1824 г. *С. Карно* теоретически обосновал необходимость предварительного сжатия топливной смеси (воздуха и искусственного горючего газа) в рабочем цилиндре двигателя.

В 1825 г. Английский физик и химик, основоположник учения об электромагнитном поле *Майкл Фарадей* впервые выделил бензол C_6H_6 из жидкого конденсата светильного газа.

1825 год стал первым и в истории газификации Германии. В этом году были возведены газовые заводы и устроено газовое освещение улиц в Берлине (по другим данным газовые фонари появились в германской столице годом позже) и Ганновере (см. Рис. 3.8).

В 1828 г. осветились газовым светом улицы и площади Дрездена.

В самом начале система немецкого газоснабжения основывалась на коксовом газе, который использовался исключительно в целях освещения. При этом уголь (в западной части Германии больше каменный уголь, на востоке - бурый) нагревался без доступа воздуха и превращался в кокс (ценный продукт для металлургии), а также выделяется горючий газ, который и являлся главным газообразным энергоносителем того времени.

Популярность фикусов как комнатных растений тогда возросла как раз из-за того, что они могли выносить душную атмосферу, создаваемую постоянно горящими газовыми рожками.

Но распространение газового освещения было уже не остановить.

В 1820 г. газовое освещение появилось в американском Бостоне, а в 1823 г. – и в Нью-Йорке. К этому году на лондонских улицах дарили свой свет прохожим уже почти 40 000 газовых ламп, общая протяжённость газопроводов составила 215 миль.

В том же 1823 г. английский воздухоплаватель, пилот и конструктор *Чарльз Грин* пер-



Рис. 3.8 Газовые фонари XIX-го века, дожившие до наших дней на улицах Ганновера

фин, а также путём сухой перегонки дерева, торфа и каменного угля новый осветительный продукт - «фотоген», который прекрасно заменял китовый жир при использовании в лампах освещения. Несколько позднее *Рейхенбах* построил первый в мире завод для сухой перегонки дерева в Баварии.

В 1832 г. *К. Рейхенбаху* впервые удалось получить (в результате дистилляции жидкого продукта (дёгтя) пиролиза бука) креозот, широко впоследствии используемый в медицине (в качестве антисептика) и технике (например, для пропитки деревянных железнодорожных шпал). Эти изобретения принесли *Рейхенбаху* значительное состояние, а в 1839 г. - и титул барона.

В том же году в городе Отене (Бургундия, Франция) был построен небольшой завод сухой перегонки (пиролиза) природного смолистого шифера и горючих сланцев в масло, пригодное для освещения. Это сланцевое масло также получило название «фотоген», что в переводе с греческого на русский язык означает «светород». Немного позднее производство фотогена из горючих сланцев получило широкое распространение в Англии. Изготавливали фотоген и в России (см. Гл. 4 и Гл. 6).

В том же 1832 году на одном из германских металлургических заводов француз *Фабр дю Фор* впервые применил прежде даром терявшиеся колوشниковые (доменные) газы для отопления воздухонагревателей сварочных и пудлинговых печей. Это нововведение привело к экономии при выплавке чугуна, т.к. не надо было употреблять для подогрева воздуха дополнительного топлива.

В 1833 г. немецкий физик и химик *Э. Мичерлих* получил бензол при сухой перегонке кальциевой соли бензойной кислоты. Именно после этого получения вещество и стали называть бензолом.

В 1834 г. из продуктов сухой перегонки древесины *Думасом* и *Пелиготом* был впервые выделен древесный спирт или метанол - ещё один полезный (хоть и

В 1830 г. инженеру *Доновану* удалось использовать карбюрированный нафталином водяной газ, полученный при продувании водяного пара через слой раскаленного кокса в реторте, для осветительных целей в Дублине (Ирландия). Однако производство газа в ретортах с внешним обогревом было очень дорогим и невыгодным.

В том же 1830 г. германский естествоиспытатель, химик, промышленник и философ, член Прусской академии наук *Карл фон Рейхенбах* (см. Рис. 3.9) впервые получил из нефти пара-



Рис. 3.9 Карл фон Рейхенбах (1788 – 1869)

смертельно ядовитый при приёме вовнутрь) жидкий продукт пиролиза биомассы растительного происхождения с химической формулой $СН_3$.

В 1835 г. при перегонке сосновой смолы *П. Пельтье* впервые получил толуол – жидкий углеводород с химической формулой $С_6H_5-CH_3OH$ (тремя годами позднее *А. Девиль* выделил толуол их бальзама, привезённого из города колумбийского Толу, в честь которого и получил своё название).

В том же 1835 году в Санкт-Петербурге заработал первый российский газовый завод (см. Гл. 5).

В 1838 г. в Англии был выдан патент *Уильяму Барнетту*, который предложил газ и воздух предварительно сжимать в отдельных цилиндрах, а смесь перед воспламенением дожимать в рабочем цилиндре двигателя. Годом позже он же запатентовал ещё один ДВС, работающий на светильном газе.

В этом же 1838 г. было положено начало сланцевой промышленности Франции, затем горючие сланцы стали перерабатывать в Шотландии, США, Австралии, Бразилии, Новой Зеландии, Швейцарии, Испании, Южной Африке, Чехословакии и других странах. Само слово «*petroleum*» («каменное масло») означало тогда именно сланцевую смолу (масло), и лишь впоследствии так стали называть нефть.

В 1830-х годах французом *Аргандом* была изобретена газовая горелка для освещения внутренних помещений (в Англии её называли «парламентской горелкой»), широко использовавшаяся в Европе до конца XIX-го столетия.

В конце 30-х годов XIX-го века во Франции промышленные газогенераторы создали также инженеры *Лоранс* и *Тома*. К первым промышленным образцам можно также отнести газогенераторы, построенные инженерами *Э. Бишофом* (1839 г., Германия; см. Рис. 3.10), *Эбельманом* (1840 г., Австрия) и *Экмоном* (1845 г., Швеция).

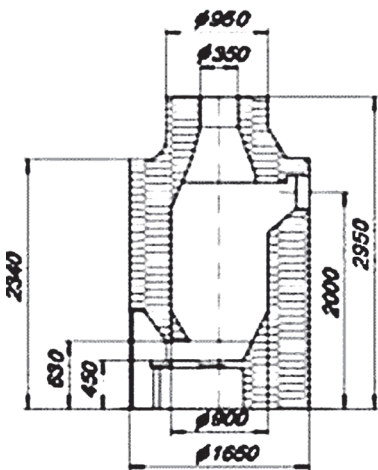


Рис. 3.10 Газогенератор Бишофа

В начале 1840-х годов немецкий инженер *Э. Бишоф* пытался создать пламенную печь с полугазовой топкой и добиться экономии в расходовании кокса и угля. Для этой цели он использовал малоценное небогащённое КТ, в первую очередь торф, и обращал его в ГГ для последующего использования в плавильном процессе.

В 1840 г. на смеси доменного и генераторного газа заработала томилная печь *Ф. дю Фора*. ГГ *дю Фор* добывал в отдельной печи – «газогенераторе» – из дешевого и непригодного для других нужд каменного угля. Газогенератор был шахтным, как доменная печь, без колосниковой решетки. Работал он с выпуском жидкого шлака.

В 1841 г. изобретатель *Джеймс Джонстон* получил в Англии патент на двигатель, работающий на смеси водорода с кислородом, в немецком Кёльне для хранения светильного газа был построен один из первых газгольдеров промышленного масштаба (см. Рис. 3.11).

В 1842 г. также в Англии *Дрейк* запатентовал свой газовый двигатель с калильным зажиганием (патент № 562). Позднее этот двигатель удалось приспособить для работы на керосине.

Усовершенствованный газогенератор *Бишофа* применялся им в местечке Магдешпрунге до 1844 г.

Эбельман примерно в эти же года впервые построил газогенератор, работающий по принципу обратного процесса газификации, когда КТ, газифицирующий агент и ГГ перемещаются в одном направлении. Этот принцип получил впоследствии широкое распространение в газогенераторных установках транспортного типа, т.к. чрезвычайно удачно разрешил проблему разложения паров воды и сжигания смолистых веществ, получающихся при газификации древесного топлива (газогенераторы *Имберта*; см. Гл. 10).

К 1843 году в Париже было шесть газовых компаний (в Лондоне – 17), 8 733 газовых рожка, протяжённость газопроводов – 145 тысяч сажен (280 км).

В 1847 г. в перечень городов, имеющих газовое освещение, вошла чешская столица – город Прага (см. Рис. 3.12).



Рис. 3.12 Старинный газовый фонарь, сохранившийся в Праге до нашего времени

В этом же году в шотландском городе Бадгейте было построено сланцеперерабатывающее предприятие, послужившее прототипом для целого ряда аналогичных предприятий, вводимых в строй позднее. Благодаря производству на этих предприятиях сланцевой смолы и других химических продуктов (таких как, парафины, аммиак, сульфат аммония и т.п.), а также строительных материалов, шотландская сланцевая промышленность просущест-

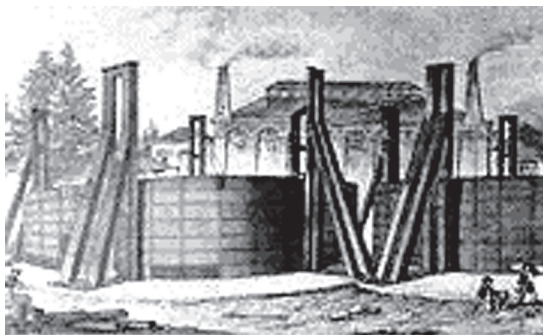


Рис. 3.11 Газгольдер, построенный в немецком городе Кёльне в 1841 году

На улице Кенигштрассе (сейчас - Соколовска улица в районе станции метро Флоренц) был построен первый пражский газовый завод.

В том же 1847 г. был сооружён первый (всего их было четыре) газовый завод в немецком тогда городе Бреслау – столице Силезии (ныне польский город Вроцлав; см. Рис. 3.13).

В 1849 г. инженер *Петенк-рофер* (Германия) сконструировал газогенератор, на котором впервые получил ГГ, пригодный для освещения улиц, из древесины. Два года спустя он осветил этим газом вокзал и улицы Мюнхена.

В 1850 г. немецкий химик *Роберт Бунзен* изобрёл газовую горелку, широко применяемую впоследствии в газовых фонарях уличного освещения.

вовала более 100 лет, несмотря на более высокую стоимость сланцевой смолы по сравнению с сырой нефтью.

По состоянию на 1850 год в Германии было 26 городов с газовым освещением.

С 1850-х годов газовое освещение начинает свою экспансию и в сельскую местность, сначала в Англии, а затем и в странах континентальной Европы. Тогда же появились и первые незаконные подключения – когда втихую присоединялись к чужой трубе и воровали газ. Соответственно появились и первые методы их обнаружения – вечером агент газовой компании включал газ на полную мощность и смотрел, в каких ещё домах окна вспыхивали ярким светом.

В 1852 г. газовый завод был построен в восточно-прусском городе Кёнигсберг, а в 1853 г в городе было введено газовое освещение (установлены более 700 газовых фонарей).

24 сентября 1852 г. французский конструктор *Анри Жиффар* совершил первый полёт на построенном им дирижабле (см. Рис. 3.14), оболочка которого (2 500 м³) была наполнена светильным газом.

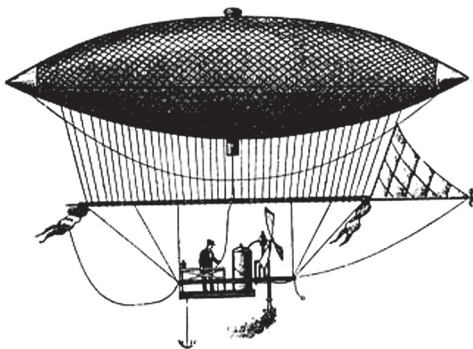


Рис. 3.14 Дирижабль Жиффара – первый в мире управляемый воздушный аппарат с тепловым двигателем

В середине XIX-го века активизировались также работы по использованию искусственных горючих газов в качестве топлива двигателей внешнего и внутреннего сгорания.

Так, в 1854 г. итальянцы *Еуэнио Барзанти* и *Фетис Матточчи* (в других источниках - *Матеукки*) получили английский патент на атмосферный двигатель со свободным поршнем. Он работал в трёхтактной последовательности (без хода сжатия) и имел водяное охлаждение. Смесь светильного газа с воздухом воспламенялась под поршнем электрической искрой, и давление продуктов сгорания поднимало свободный поршень вверх. Мощность этого двигателя была 5 л.с.

В 1854 году инженер *Киркгамми* (Англия) впервые получил водяной газ в газогенераторе с переменным вдуванием воздуха и пара.

15 апреля 1855 г. известный немецкий инженер, конструктор и промышленник *Готлиб Даймлер* взял патент на газовый двигатель своей конструкции. Топливом для него также служил светильный газ.



Рис. 3.13 Бывший газовый завод польского города Вроцлав (Бреслау)

В том же 1855 году американец *Бенджамин Силлиман - младший* сделал пионерские исследования в области крекинга нефти (ещё одной вариации на тему пиролиза / газификации жидких топлив), что позволило развиваться нефтехимической промышленности.

Вообще большинство методов переработки нефти основаны или включают в себя процессы газификации КТ. Это и ректификация (перегонка или дистилляция при атмосферном давлении; применяется с начала XIX-го века в нефтяной и спиртовой промышленности – привет арабскому химику IX-го века *Аль-Кинди*, см. Гл. 2, Рис. 2.7), и вакуум-дистилляция, и риформинг (в числе целевых продуктов – углеводородный и водородсодержащий газы), и коксование (процесс переработки нефтяных жидких и твёрдых фракций без доступа кислорода, т.е. пиролиз в чистом виде), и др.

В 1856 г. был построен газовый завод в тогда немецком, а ныне польском городе Познань. Завод разместили на острове Гробля, со всех сторон омываемом водами реки Варта. Уголь сначала привозился из Англии кораблями до Щецина, где его перегружали на баржи и по рекам Висла и Варта доставляли на завод. Однако после строительства железнодорожной линии до Бреслау (Вроцлава) уголь начали возить из Силезии. К заводу на острове даже была построена специальная железнодорожная ветка.

Первой из оборудования ГКТ серийного производства удостоилось изобретённая в 1856 г. в Германии *Фридрихом Сименсом* (см. Рис. 3.15) в сотрудничестве со своим братом *Вильгельмом Сименсом* регенеративная печь (см. Рис. 3.16).

Газогенераторы *Сименсов* были с естественной тягой и со ступенчатой колосниковой решёткой. Использование естественной тяги позволило отказаться от двигателей, установка которых в то время была затруднительна. Пар в процесс вводили, просто заливая воду в поддувало.

Производимое *Сименсами* оборудование ГКТ на многие десятки лет стало важнейшим и незаменимым элементом стеклоплавильных, пудлинговых, сталеплавильных (т.н. «сименс – мартеновских»), сварочных и нагревательных печей, работающих по регенеративному принципу.

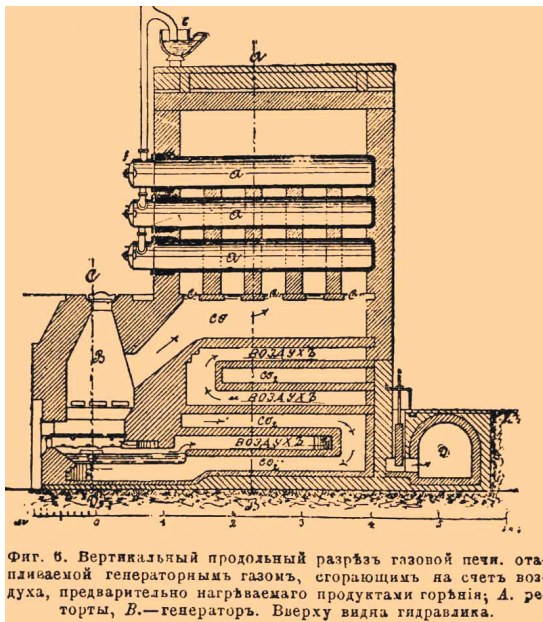
По этому же принципу функционировала и газовая лампа *Сименса* (тепло, выделяемое при горении газа, использовалось для нагревания входящего в лампу воздуха).

В 1857 г. англичанин *Е. Каупер* запатентовал особые вертикальные кирпичные в железных кожухах печи для подогрева воздуха, подаваемого в доменные печи, колосниковыми газами, которые до сих пор называются «кауперами».

В 1858 г. появился другой двухцилиндровый двигатель итальянских изобретателей *Е. Барзанти* и *Ф. Матточчи* – с противоположно расположенными цилиндрами, а *Деэран* получил французский патент на газовый двигатель со сжатием горючей смеси в рабочем цилиндре.



Рис. 3.15 Фридрих Сименс (1826 - 1904 г.)



Фиг. 6. Вертикальный продольный разрез газовой печи, отапливаемой генераторным газом, сгорающим на счет воздуха, предварительно нагреваемого продуктами горения; А. — регистры, В. — генератор. Вверху видна гидравлика.

Рис. 3.16 Схема регенеративной печи Сименсов (рисунок из энциклопедического словаря Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, изданного в 1890 ... 1907 годах)

длensä небольшими партиями компанией «Эшер-Висс» в Цюрихе. Но безвременная смерть Барзанти (четырьмя годами позднее) и плохое состояние здоровья Матточчи помешали им в полной мере пожать лавры своего труда, как в материальном, так и в творческом отношении.

В том же году был построен второй (всего их было четыре) газовый завод в немецком тогда городе Бреслау – столице Селезии (ныне польский город Вроцлав), а немецкий инженер, уроженец Китцбюэля Кристиан Райтман построил первый четырёхтактный ДВС, работающий на светильном газе. Райтману не хватило сил и удачи продвинуть своё изобретение на рынке и защитить его в многочисленных процессах по патентованию, из-за чего его первенство в этом вопросе нередко оспаривается.

В том же 1860 году бельгийский официант и, по совместительству, инженер и изобретатель Жан Этьен Ленуар (см. Рис. 3.17) запатентовал свой трёхтактный ДВС, работающий на светильном газе (см. Рис. 3.18).



Рис. 3.17 Жан Этьен Ленуар (1822 – 1900 гг.)

Лондонские потребители светильного газа довольно часто сталкивались с нехваткой последнего. Так, в декабре 1859 г. неизвестный Фридрих Энгельс писал другому основоположнику марксизма-ленинизма Карлу Марксу: «... как только я зажжёл газ, то оказалось, что он горит до того тускло, что во всей конторе пришлось остановить работу. В моей квартире уже около недели ещё хуже: из-за продолжительного мороза с туманом столько газа потребляется в течение дня, что вечером совсем нет давления, а следовательно, нет и света. Это лишает меня возможности написать сегодня статью ...».

С 1860 г. двухцилиндровый двигатель Барзанти-Матточчи производился



Рис. 3.18 Первый газовый двигатель Ленуара 1860 года

Правда, есть сведения, что *Ленуар* лишь завершил работы, начатые в 1858 г. его соотечественником *Хугоном*.

Впрочем, *Ленуар* и не скрывал, что использовал достижения других изобретателей. В рекламном проспекте на свой двигатель он писал: «... *Машина Ленуара* использует поршень, подобный патенту *Стрита*, цилиндры двухстороннего действия, как у двигателя *Лебона*, зажигание электрической искрой, как у машины *де Риваца*; она

приводится в действие газовым топливом подобно конструкции Гершклина-Хазарда, причем замысел распределения ... заимствован у Тальбо. Однако двигатель Ленуара засасывает газ и воздух в пространство между поршнем и цилиндром без применения всегда опасного предварительного смешивания, требующего использования насоса - и это, собственно, является предметом патентной защиты ...».

И всё же заслуга *Ленуара* как одного из изобретателя двигателя внутреннего сгорания очевидна. Двигатель имел большой коммерческий успех. Использовался он для различных целей, даже был установлен на водных (катере) и воздушных (дирижабле; см. Гл. 7) видах транспорта. Своего завода у изобретателя не было, и его двигатель производили французские фирмы «*Маринони*», «*Лефевр*» и «*Готье*». Всего было построено около 500 двигателей *Ленуара*. Вместе со своим мотором *Ленуар* запатентовал устройство для приготовления горючего газа из жидкого топлива, состоящее из обогреваемого выхлопными газами бачка с горючим и подвешенными внутри фитилями – первый карбюратор для двигателя внутреннего сгорания, однако на настоящий момент не существует никаких сведений о том, что он когда-либо использовался. Из других его изобретений наиболее известен железнодорожный телеграф.

В 1861 г. французский инженер *Жильяр* предложил конструкцию камина с камерами для перегонки тощего каменного угля, став, таким образом, прародителем современных газогенераторных печей и котлов (см. Гл. 34).

В 1862 - 1863 гг. газогенераторная силовая установка *Ж.Э. Ленуара* мощностью до 4-х л.с. была установлена на восьмиместный открытый одноуровневый омнибус - первый в мире прототип современного автомобиля (см. Рис. 3.19).

Это транспортное средство больше походило на большую деревянную трёхколёсную телегу, но для движения уже не нуждалось в живой тягловой силе. Сам *Ленуар* совершал на нём пробные поездки в окрестностях Парижа.

Несмотря на прогрессивные отличительные признаки – такие как прямой цепной привод, управляемые колеса и эллиптическая подвеска с плоскими рессорами, эта «самобеглая повозка» из-за относительно небольшой мощности двигателя была выпущена в малом количестве.

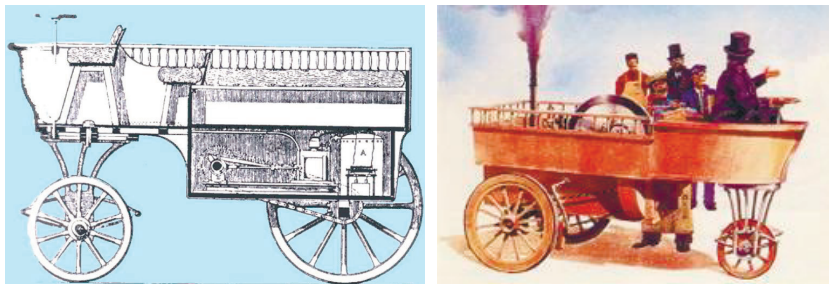


Рис. 3.19 Омнибус с газогенераторным двигателем Ленуара

В связи с тем, что все самодвижущие повозки тех лет (и газогенераторные и паровые) питались углём и / или дровами, то кроме водителя в таком экипаже в обязательном порядке был ещё и шофёр, т.е. «кочегар» по-французски.

В 1863 г. Швеция импортировала, в т.ч. из России, 227 000 баррелей дёгтя. Это был пиковый год потребления дёгтя в Швеции и мире в целом. Производство дёгтя почти остановилось, когда деревянные суда были заменены стальными.

В настоящее время дёготь можно встретить в фармации в качестве дезинфицирующих и инсектицидных препаратов (например, дегтярное мыло) да в устном народном творчестве.

В качестве примеров можно привести фразеологизм: *«Ложка дёгтя в бочке мёда»* в русском языке и «оптимистическую» финскую поговорку: *«Если баня, дёготь и водка не помогают – значит, болезнь смертельна ...»*.

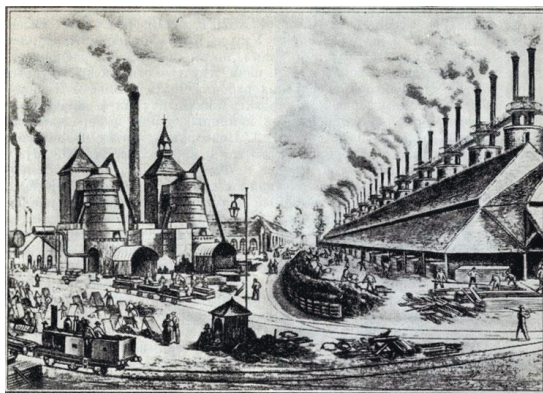


Рис. 3.20 Доменные печи металлургического завода в городе Маршен, Бельгия. Рисунок 1860-х годов

С середины XIX-го столетия благодаря стремительному развитию металлургического производства (см. Рис. 3.20) в промышленно развитых странах мира значительно увеличились и объёмы производимых при этом доменных (колошниковых) газов, которые помимо использования самими металлургическими заводами (например, для привода доменных воздуходувок) стали применяться в бытовых целях и в качестве топлива для двигателей внутреннего и внешнего сгорания.

В 1865 году заработал газовый завод, и началась централизованная газификация улиц и площадей в Москве (см. Гл. 6), а немецкий техник *Хенлейн* взял патент на установку газового двигателя на дирижабле. При этом двигатель работал на светильном газе, наполнявшем оболочку воздухоплавательного аппарата.

Семью годами позже состоялись первые полёты дирижабля с газогенераторным двигателем *Ленуара* (см. Гл. 7),.

В 1866 г. англичанин *Дж. Юнг* патентует свой способ разложения (газификации) нефти при нагревании под давлением (крекинг), позволяющий получать бензин и керосин из тяжелых углеводородов.

В 1860-х годах сначала в Лондоне, а затем и в других европейских городах появились и сразу завоевали популярность газовые колонки для нагрева воды в бытовых целях. К газовым бытовым приборам, появившимся в середине XIX-го столетия, относились также газовые камины для отопления и газовые плиты для приготовления пищи.

Широкое применение светильного газа помимо прочего привело к развитию газоочистки, поскольку в состав этого газа помимо главных компонентов – водорода и лёгких углеводородов (главным образом, метана) – входили оксиды углерода, тяжелые углеводороды, сероводород, сероуглерод, цианистые соединения, твёрдые загрязнители (частицы сажи и золы). Характерным отличием светильного газа, произведенного из нефти, являлось значительное содержание тяжёлых углеводородов (до 25 – 30 %), произведенного из угля – серы и золы. Всё это потребовало наряду с совершенствованием карбонизационных печей, представляющих собой главную часть газовых заводов, разработки целой системы очистки производимого газа от вредных примесей.

При производстве угольного светильного газа он поступал в первую ступень очистки, в так называемую гидравлику – наполненный водой клéпанный железный ящик, в который погружались концы газопроводных труб. Помимо исполнения роли гидравлического затвора, предохраняющего печь от взрыва, гидравлика обеспечивала конденсацию смолы и аммиачной воды, которые по сифону стекали в смоляную и аммиачную ямы. Однако гидравлика не обеспечивала полного улавливания смоляных паров, поэтому после неё газ поступал в водяной или воздушный холодильник. Кроме холодильника употреблялись также специальные смолоотделители, в частности смолоотделитель *Пелуза - Одуана*, представляющий собой колпак из тройной металлической сетки, погруженной нижним краем в воду.

Газ процеживался через сетку, при этом происходило разделение паров от газов или конденсация смолы. Однако очищенный от смолы светильный газ все еще содержал много вредных примесей: аммиак, угольную кислоту, сероводород, цианистые соединения. Поэтому за физической очисткой светильного газа следовала его химическая очистка. Для удаления аммиака газ промывался водой в скрубберах, которые делились на подвижные и неподвижные. Первые – это большие вертикальные цилиндры с расположенными внутри полками, на которые накладывался кокс. Вода поступала сверху, а газ снизу. Второй тип – так называемые штандарт-скрубберы – представляли собой горизонтальные, вращающиеся от внешнего привода цилиндры, обеспечивающие встречное движение воды и газа (см. Рис. 3.21).

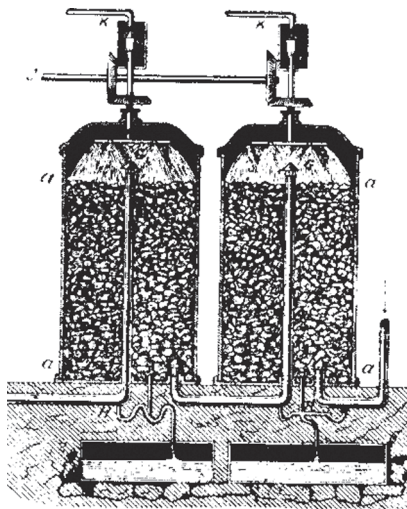


Рис. 3.21 Комплекс из двух вращающихся штандартскрубберов для промывки светильного газа

При карбонизации некоторых сортов углей в газе содержалось очень много нафталина, который удалялся промывкой газа в скрубберах тяжёлым каменноугольным маслом. Очистка от сероводорода и уголекислоты производилась в так называемых очистительных ящиках (см. Рис. 3.22) гидратом окиси железа и известью – в закрытых металлических ящиках располагалось несколько полок, на которые раскладывалась очистительная масса, смесь болотной руды с опилками или извести с опилками.

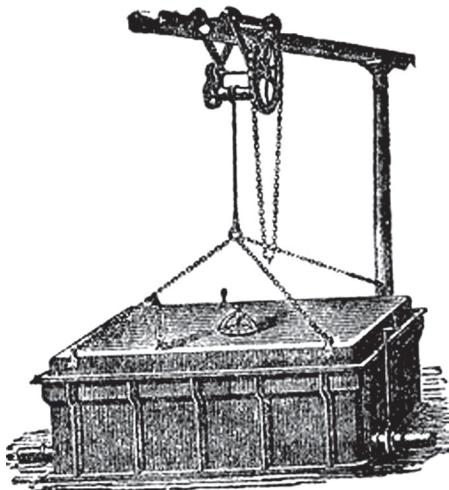


Рис. 3.22 Ящик для очистки светильного газа от сероводорода и уголекислоты

Сероводород поглощался гидратом окиси железа, а уголекислота – известью, образуя уголекислый кальций. Отработавшая очистительная масса, состоящая, главным образом, из сернистого железа, сохраняла способность к регенерации. Для этого ее поливали водой, тщательно перелопачивали, в результате чего из сернистого железа вновь получался гидрат окиси железа и свободная сера. Одна и та же очистительная масса могла регенерировать 10–12 раз. Важной задачей являлась также очистка светильного газа от цианистых соединений, и не только в санитарном отношении – эти соединения разъедали стенки газовых труб. Вместе с сероводородом и уголекислотой циан удалялся в очистительных ящиках или промывкой газа в штандартскрубберах раствором железного купороса.

Таким образом, можно утверждать, что именно широкое использование светильного газа дало толчок к появлению и развитию целой отрасли науки и техники, занимающейся разработкой научных основ и технологий газоочистки, а также созданием газоочисти-тельной аппаратуры.

Глава 4. Газификация в России от возникновения до 30-х годов XIX-го века

«... История введения в практику воздушного или генераторного газа очень сложна и тесно связана с доменным производством чугуна, потому что при нём из верхнего отверстия горна, куда засыпается смесь угля и руды, выделяется горючий газ вместо воздуха, что вдвигается снизу, который содержит преимущественно азот и окись углерода ...»

Д.И. Менделеев

В России с давних времён (никак не позднее XII-го столетия) было развито смолокурение – т.е. получение из древесины смолообразных продуктов методом сухой перегонки. Несколько позднее развились углежжение и дёгтекурение. Смолу, а также дёготь и смоляной пёк вывозили в страны Западной Европы, главным образом, для нужд судостроения. Первый Российский Император **Пётр I** (годы жизни 1672 – 1725; «в должности Императора» с 1721 г. по 1725 г., до этого с 1682 г. по 1721 г. - «простой» Царь и Великий Князь Всея Руси) лично наблюдал за производством смолы и регулировал её вывоз в другие страны. Пиролизный газ при этом тогда, видимо, никак не использовался.

Тем не менее, существует небезосновательное мнение (изложенное, например, *А.А. Самылиным* и *М.Г. Яшиным* в работе под названием «История развития транспортных газогенераторов», опубликованной в журнале «Леспроектинформ» № 7 (73) за 2010 г.), что и в области получения и использования искусственных горючих газов мы были «впереди планеты всей».

Дело в том, что отечественные металлурги на построенных по указам и грамотам Петра I в конце XVII-го ... начале XVIII-го вв. на Урале «железодельных» казённых за-водах освоили плавку руды в т.н. «домницах» (см. Рис. 4.1).

Сами «домницы» были известны на Руси ещё с XIV-го века (название этой печи происходит от старославянского слова «*дмение*», что значит «дутьё»).

В XV-м столетии т.н. «сыродутное железо» получали в домницах в Олонецком крае, в районе Новгорода и Тулы.

Для обеспечения нужной температуры сначала использовали, видимо, древесный уголь, затем и горючий газ (впоследствии названный «доменным»), получаемый путём «томления» твёрдого топлива в «высоком слое». Российская доменная техника того времени была хорошо известна за границей, а иностранцы были частыми гостями наших заводов и промыслов. О том, что русские мастера достигли в этом деле больших успехов, свидетельствует, в частности, в своих записках западноевропейский историк конца XVIII-го века и металлург *Л. Берг*. Всё это позволяет предположить, что именно на основе (или, как минимум, с учётом) богатейшего опыта русских металлургов их европейскими коллегами (см. Гл. 3) и был создан новый вид технологического оборудования – газогенератор.



Рис. 4.1 Стилизованное изображение уральского мастера рядом с домницей

Эту точку зрения, видимо, разделял и великий русский учёный *Д.И. Менделеев* (см. эпиграф к главе).

Российская история публичного уличного освещения началась, по видимому, в 1602 году. Тогда по указу *Бориса Годунова*, ожидавшего приезда в Москву датского принца, за которого планировал выдать замуж свою дочь, на улицы были вынесены специальные жаровни. Горевшее в них масло (хотя, теоретически эта могла быть и нефть - первую «горючу густу воду» в Москву из Ухты доставили в 1597 г.) осветило ярким светом подъезды к Кремлю.

В 1698 г. в подмосковном селе Преображенском возле царского дворца *Петра I* зажгли восемь масляных ламп освещения.

Первые огни в городе на Неве вспыхнули 23 ноября 1706 года, когда отмечался разгром шведских войск под Калишем. На четырех улицах, выходящих к Петропавловской крепости, вывесили – на один осенний вечер – довольно яркие масляные фонари.

В 1718 г. по указу *Петра I* четыре масляных фонаря установили в Санкт-Петербурге перед старым Петровским Зимним дворцом (до первого газового фонаря в российской столице оставалось ещё около 100 лет; см. ниже).

В 1721 г. в Берг-коллегию поступило донесение от *Григория Черепанова*, в поисках руды обследовавшего берега северных рек. На Ухте он увидел «нефтяные ключи»: на поверхность реки всплывало «чёрное масло», которое жители собирали черпаками.

В 1723 г. хлопотами рачительного генерал - полицмейстера *Антон Дивьера* в столичном граде насчитывалось уже почти 600 уличных фонарей освещения. Наряду с маслом позднее в них стали применять смесь хлебного спирта и скипидара (веществ, получаемых с использованием технологий, близких к технологиям газификации конденсированных топлив (в широком смысле данного понятия)).

В 1724 г. *Г. Черепанов* собрал немного нефти и отправил её в Берг-коллегию. *Петр I* весьма заинтересовался посылкой, но в следующем году император скончался, и о ухтинском «чёрном масле» забыли на 20 лет.

В 1730 г. вышел Указ Сената относительного уличного освещения Москвы (речь в нём также шла об масляных фонарях).

В 1735 г. врачом *М.Я. Лерхе* было получено первое в России «минеральное масло». Им же были сделаны теоретические расчёты, подтверждающие возможность получения керосина из нефти путём перегонки.

В 1745 г. (почти за столетие до аналогичных событий в Западной Европе и Америке) русский купец и промышленник, уроженец Каргополя *Фёдор Савельевич Прыдунов* организовал в Ухте производство «белой / жёлтой нефти» (керосина), которую он продавал в Петербург, Москву и другие города как аптечное снадобье. Кроме того, в «желтое масло» добавляли растительное и использовали полученную смесь для освещения. Эту первую в мире промышленную переработку природной нефти *Прыдунов* осуществлял методом перегонки, включающей в себя и процесс газификации жидкого топлива. Но первый в мире нефтепромышленник разбогатеть не сумел. Более того, жизнь его вскоре трагически закончилась. За неуплату налогов *Прыдунов* был посажен в долговую тюрьму, где и скончался в 1753 году.

Впрочем, некоторые историки считают первопроходцем освоения ухтинской нефтяной «целины» не *Прыдунова*, а купца *Набатова*, который, возможно, на год раньше архангельского самоучки построил на Ухте установку по «передваиванию» нефти. Причём, если *Прыдунов* по старинке собирал нефть с

воды, то *Набатов* добывал нефть с помощью колодцев, очищал её и так же, как *Прядунов*, продавал в московские и питерские аптеки.

В 1791 г. русский академик *Т. Ловиц* предложил использовать специально приготовленный древесный уголь (твёрдый продукт неполной газификации древесины) для очистки воды, а затем и растворов селитры. Производству древесного угля и улучшению его качества в России тогда уделялось особое внимание, т.к. большие его количества расходовались не только для нужд металлургии, но и для производства пороха, который почти 500 лет был единственным универсальным взрывчатым веществом.

В 1798 г. естествоиспытатель *И.Г. Георги* впервые серьёзно занялся вопросом прибалтийских (эстонских) горючих сланцев и описал условия залегания «горючей земли» (описание камня, способного гореть, можно найти также в путевых письмах русского путешественника *А.Ю. Гольденштедта*, написанными несколькими десятилетиями ранее, а первое упоминание о сланцах относится вообще к 1694 г.).

На рубеже XVIII-го и XIX-го веков в России появились первые производства, основанные на сухой перегонке древесины.

Перегонка древесины поначалу велась с целью получения древесно-укусного порошка (а из него укусной кислоты), соли меди (т.н. «ярь-медянка»), применявшейся как краска, а также солей алюминия и железа, применявшихся в качестве протравы при крашении тканей.

В 1805 г. на отечественном Кусинском заводе была сооружена рудообжиговая печь, работавшая на колошниковых (доменных) газах. С 1807 г. подобные печи для обжига руды действовали на Златоустовском и Саткинском заводах.

Создателем же первого российского аппарата для получения светильного газа из твёрдых топлив был отставной подпоручик лейб-гвардии Гренадёрского полка, переводчик Министерства коммерции, член (с 1809 г.) Комиссии *М.М. Сперанского* по составлению законов, титулярный советник *Пётр Григорьевич Соболевский* (см. Рис. 4.2).



Рис. 4.2 Соболевский Пётр Григорьевич (1782 – 1841)

Начиная с 1804 г. (по другим данным – с 1810 г.) он вёл работы по созданию промышленной газовой установки, альтернативной конструкции *Ф. Лебона*, т.к. попытка российского Министерства коммерции купить в 1810 г. патент во Франции у наследников одного из основоположников газового дела *Ф. Лебона* (см. Гл. 3) оказалась неудачной.

К ноябрю 1811 г. все оригинальные технические решения им совместно с компаньоном, отставным поручиком *Д'Оррером* (в некоторых документах именуемым *Горрером*) были успешно реализованы, «... терпением они преодолели все трудности и, наконец, имели счастье достигнуть совершенного успеха ...».

Газета «Северная почта» в своём номере № 96 от 2-го декабря 1811 г. опубликовала статью «О пользе термолампа, устроенного в Санкт-Петербурге гг. Соболевским и Д'Оррером», в которой были и такие слова:

«... Многие любители наук, любопытствовавшие несколько раз видеть сии опыты, удостоверились, что свет, сожиганием водотворного газа производимый, весьма ясен, не издаёт чувствительного запаха и не производит дыму, следовательно, не имеет копоти ... Польза сего изобретения ... и выгоды, оным доставляемая, суть столь обширны и многообразны, что даже при самом точнейшем исследовании кажутся они почти невероятными, и потому самому изобретению оне можно почесть одним из важнейших открытий ...».

Наиболее важным отличием термолампа *Соболевского* от аппаратов *Лебона* и других зарубежных изобретателей являлось то, что в отечественном агрегате было две печи сухой перегонки древесного топлива, которые могли действовать попеременно. Это существенно повышало надёжность работы установки. Кроме того, *Соболевскому* удалось превзойти своих западных коллег, усилив яркость пламени и устранив характерный для подобных аппаратов запах. О том, какой резонанс вызвало в научных кругах Санкт-Петербурга изобретение термолампа, может говорить тот факт, что уже через три (!) дня после выхода газеты с упоминаемой выше статьёй, 5 декабря 1811 г., *Пётр Григорьевич* был избран действительным членом Всероссийского Вольного общества любителей словесности, наук и художеств.

В следующем номере газеты «Северная почта» № 97 от 6-го декабря 1811 г. снова рассказывалось о термолампе, причем автор материала особо отмечал, что *Соболевскому* удалось решить три важные технические задачи. Первая была связана с получением качественного по цвету и силе светового излучения пламени газового рожка; вторая – с устранением вредного отравляющего действия светильного газа (это обстоятельство имело большое значение, поскольку «... во всех опытах, деланных как в иностранных государствах, так и в самой России, газ сей горел всегда слабым голубым пламенем, не производящим света, и рождал тяжёлый запах для человека весьма вредный ...»); третья – касалась определения способа надежного подведения на удаленное расстояние светильного газа от термолампы к внутренним и наружным устройствам освещения.

В данном газетном материале также достаточно подробно было описано как устройство «термолампа», так и технологический процесс получения горючего искусственного газа (см. Рис. 4.3).

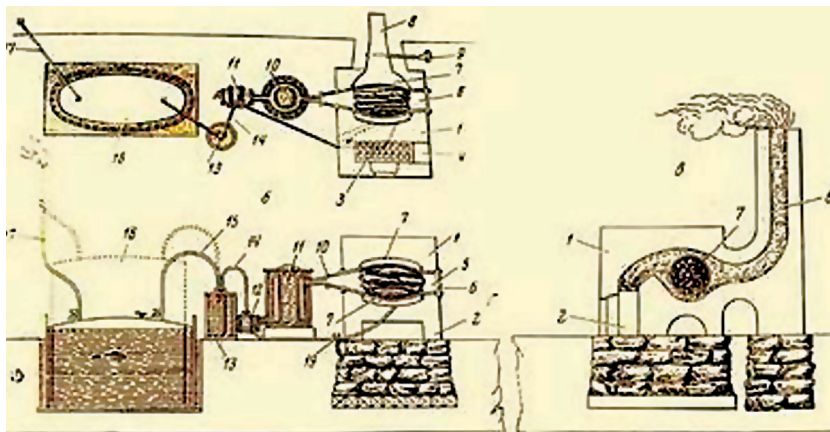


Рис. 4.3 Схема получения светильного газа в установке *Соболевского*