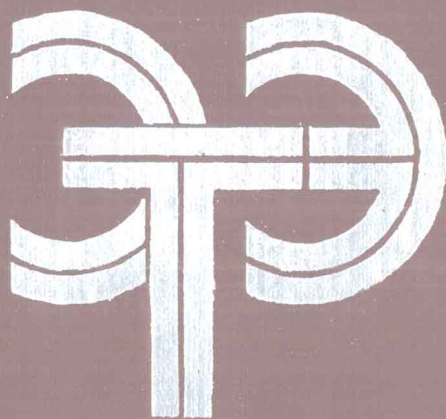


**ЭКОНОМИЯ
ТОПЛИВА
и электроэнергии**

Д.Рей

**ЭКОНОМИЯ
ЭНЕРГИИ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ



**Экономия
топлива
и электроэнергии**

Д.Рей

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ**

Перевод с английского
под редакцией канд. техн. наук
В. Е. Аракелова



**МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1983**

ББК 31.19

Р 35

УДК 621.31.004.18(0)

Рецензент Ю. В. Копытов

D. REAU

INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION

A Handbook for Engineers and Managers Second Edition

PERGAMON PRESS OXFORD, 1979

Рей Д.

- Р 35 Экономия энергии в промышленности: Справочное пособие для инженерно-технических работников. Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1983. 208 с., ил. — (Экономия топлива и электроэнергии). В пер. 1 р. 40 к.

Приводится комплекс конкретных мероприятий по реализации энергосберегающей политики в различных отраслях промышленности. Рассматриваются схемы технологических процессов, анализируются основные потери теплоты и электроэнергии и пути повышения эффективности их использования. Большое внимание уделяется утилизации сбросной теплоты.

Для инженерно-технических работников, а также для студентов энергетических институтов и техникумов.

Р $\frac{230205000-547}{051(01)-83}$ 11-83

ББК 31.19

6П2

© 1979 D. A. Reay
© Перевод на русский язык. Энергоатомиздат, 1983

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие	7
Глава 1	
Первичные энергоресурсы на современном этапе	9
1.1. Уголь	9
1.2. Газ	12
1.3. Нефть	14
1.4. Ядерное топливо	17
Глава 2	
Оптимальное использование первичных двигателей	18
2.1. Использование сбросной теплоты КЭС	19
2.2. Производство электроэнергии в промышленности.	20
2.3. Фреоновые паровые турбины	21
2.4. Газотурбинные установки	22
2.5. Комбинированные циклы	25
2.6. Дизельные и газовые двигатели (поршневые).	26
Глава 3	
Энергоемкие отрасли промышленности (группа 1)	33
3.1. Производство чугуна и стали	33
3.2. Производство алюминия	39
3.3. Химическая промышленность	42
3.4. Нефтеперерабатывающая промышленность	49
Глава 4	
Энергоемкие отрасли промышленности (группа 2)	52
4.1. Целлюлозно-бумажная промышленность	52
4.2. Производство стекла	59
4.3. Пищевая промышленность	64
4.4. Текстильная промышленность	71
Глава 5	
Общие вопросы экономии энергии	77
5.1. Кондиционирование воздуха	77
5.2. Автоматическое регулирование в системах кондиционирования воздуха	79
5.3. Котлы	81
5.4. Дымовые трубы	82
5.5. Системы сжигания топлива	83
5.6. Системы получения сжатого воздуха	86
5.7. Градири	87

5.8. Сушильные установки	88
5.9. Печи	92
5.10. Основные процессы нагрева	95
5.11. Печи для сжигания отходов	95
5.12. Освещение на заводах и в административных зданиях.	96
5.13. Промышленные здания	99
5.14. Внутривзаводские системы горячего водоснабжения	101
5.15. Приборы контроля за экономией энергии	101
5.16. Пароотделители	102
5.17. Резервуары для хранения горячих продуктов	103
5.18. Топливные добавки	103

Глава 6

Общие вопросы утилизации сбросной теплоты	104
6.1. Кондиционирование воздуха	104
6.2. Котлы	113
6.3. Рекуперативные горелки.	119
6.4. Утилизация теплоты в сушилках. Системы с кипящим слоем	121
6.5. Печи	129
6.6. Печи для сжигания отходов	132
6.7. Теплообменники с высокотемпературными теплоносителями	139
6.8. Методы регенерации отходов	140

Глава 7

Оборудование для утилизации сбросной теплоты	143
7.1. Теплообменники с тепловыми трубами.	143
7.2. Теплообменники с промежуточным (жидким) теплоносителем	149
7.3. Теплообменники с промежуточным (газовым) теплоносителем	152
7.4. Вращающиеся регенераторы	152
7.5. Пластинчатые теплообменники	159
7.6. Экономайзеры	163
7.7. Котлы-утилизаторы	165
7.8. Рекуператоры	169
7.9. Тепловые насосы	173
7.10. Теплообменники других типов	186

Глава 8

Аккумуляирование энергии.	188
8.1. Котлы-аккумуляторы теплоты	188
8.2. Теплоизоляция	191
8.3. Среды, аккумулирующие теплоту	193
Список литературы	198

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

В промышленно-развитых странах 50—60% общего энергопотребления идет на нужды промышленности. Поэтому всемерная экономия энергии на промышленных предприятиях является одной из важнейших задач в решении топливно-энергетических проблем.

В книге обобщен накопленный зарубежный опыт по решению основных вопросов экономии и эффективного использования топлива, электроэнергии и теплоты в промышленности. По существу она составлена как справочное пособие для инженерно-технических работников, занимающихся этими вопросами. Основным достоинством книги является то, что автором рассмотрен чрезвычайно большой круг технических вопросов с описанием схем и оборудования, а также оценкой технико-экономической эффективности их применения.

Несмотря на то, что по вопросам экономии энергии в технологических процессах энергоемких отраслей промышленности в настоящее время имеется целый ряд отечественных и зарубежных книг, материалы книги, посвященные этим отраслям, несомненно представляют интерес для советского читателя, поскольку в них рассматриваются наиболее эффективные энергосберегающие технологии. В последнее время в целом ряде публикаций в СССР большое внимание уделяется проблемам экономии топлива и энергии, которые являются общими для предприятий различных отраслей промышленности и практически большую часть книги Д. Рэй посвятил именно этим вопросам.

В первую очередь это касается организационно-технических мероприятий, которые могут быть осуществлены в короткие сроки силами самих предприятий: выработки электроэнергии и теплоты собственными источниками; отопления и кондиционирования воздуха в промышленности; использования систем сжигания топлива и отходов, процессов нагрева, сушильных установок;

аккумулирования энергии и использования вторичных энергетических ресурсов. Повышение степени и эффективности использования вторичных энергетических ресурсов в настоящее время является одним из главных путей получения значительной экономии топлива и энергии в промышленности, в короткие сроки и с капиталовложениями, которые в несколько раз ниже затрат на эквивалентный прирост добычи топлива и транспортировку потребителям.

В книге рассмотрены конструктивные особенности утилизационного оборудования и основные направления использования вторичных энергоресурсов. Особое внимание уделено средствам для утилизации низкопотенциальной теплоты, избытком которой располагает практически любое предприятие. Рассматриваются схемы и оборудование, начиная от сравнительно простых регенераторов и рекуператоров, до систем с мощными тепловыми насосами, приводимыми в действие газовыми турбинами, а также стоимостная оценка их применения, включая окупаемость.

Перевод книги выполнен Т. Е. Гинзбург (гл. 2—6) и Р. Е. Злотник (гл. 1, 7, 8).

В. Е. Аракелов

ПРЕДИСЛОВИЕ

Экономия энергии — это такой вопрос, интерес к которому возрастает во всех сферах общества промышленно развитых стран. Правительства стран озабочены зависимостью от импортируемых энергоресурсов, особенно от нефти, и поэтому для стран Европейского экономического сообщества типично стремление к снижению общего энергопотребления. Так, к 1985 г. энергопотребление снизится на 10% по сравнению с первоначально подсчитанным значением для этого года и до 40% уменьшится зависимость от зарубежных поставок энергоресурсов. В США на эти цели отпускаются большие средства.

Потребитель, стоящий перед лицом растущей цены на энергию, может уменьшить потери, используя некоторые виды изоляции или перейдя на более дешевое топливо, и расходовать при этом средства на новое оборудование, если оно приемлемо с финансовой точки зрения.

В этой книге рассматривается потребление энергии в промышленности. В наиболее энергоемких отраслях экономия энергии всегда рассматривалась как одно из необходимых условий создания производственных технологий. Однако сегодня актуальность экономии энергии возросла, так как основной составляющей расходов фирм наиболее энергоемких отраслей промышленности стали затраты на энергоресурсы.

Имеется много возможностей использования в одной из отраслей промышленности тех методов экономии энергии, которые применяются в другой отрасли: основная цель этой книги — определить эти возможности. В книге собрано много данных по методам экономии энергии и стоимости их внедрения; целью данной книги является также представление этих данных в таком виде, в каком они могли бы заинтересовать руководителей в области энергетики.

Несобоснованно считать эту книгу руководством по экономии энергии в промышленности, это — справочное пособие для специалистов, занимающихся экономией энергоресурсов.

В книге нет ответов на все вопросы, но если она сможет привести читателя к правильным вопросам или дать на них ответ, одна из моих задач будет выполнена.

* * *

При работе над данной книгой я старался снабдить читателя как можно большим количеством данных по экономии энергии.

С момента первой публикации этой книги стала очевидной поддержка и внимание правительства к экономии энергии в промышленности, и не только в Великобритании. Использование теплоутилизационного оборудования, типы которого описаны в этой книге, может дать немедленную и существенную экономию во многих отраслях промышленности. В течение следующих 2—3 лет будет опубликовано много материалов, касающихся практического использования теплоутилизационных систем, что будет использовано при подготовке будущих изданий.

Я надеюсь, что данное издание с имеющейся в нем дополнительной информацией будет полезно всем, кто занимается вопросами экономии энергоресурсов.

Д. Рей

Глава 1

ПЕРВИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Запасы большинства энергоресурсов, прямо или косвенно используемых в промышленности, не бесконечны. Дефицит природного газа уже оказал влияние на экономику США, а цены на нефть и ее нехватка к концу века заставили проводить работы по изысканию нетрадиционных источников энергии. Истощаются также и запасы урана и других видов топлива для реакторов АЭС, которые могли бы разрешить проблему, связанную с дефицитом органического топлива, обеспечивая производство дешевой электроэнергии. И хотя системы с реакторами на быстрых нейтронах в обозримом будущем смогут дать нужное количество ядерного топлива, темпы их внедрения в настоящее время еще недостаточны.

Одним из основных видов органического топлива на дальнюю перспективу остается уголь. Запасы его огромны, а газификация и сжижение угля могут обеспечить потребность в эквивалентном количестве нефти и природного газа.

В данной главе рассматриваются существующие запасы топлива, новые процессы переработки угля в жидкое и газообразное топливо для его широкого использования, а также получение нефти из нефтеносных сланцев и битуминозного песка.

1.1. Уголь

Многие рассматривают уголь как вид энергоресурсов, который в XX в. уже изжил себя. И действительно, если проследить за потреблением угля в Великобритании в 1969—1975 гг., то можно уви-

Таблица 1.1. Потребление энергоресурсов в Великобритании, млн. т*

Годы	Все виды ресурсов	Уголь	Годы	Все виды ресурсов	Уголь
1969	299,4	151,4	1973	325,3	123,4
1970	309,8	145,1	1974	311,1	108,9
1971	306,3	130,4	1975	301,4	113,2
1972	311,4	113,6			

* Условного топлива.

деть тенденцию снижения его использования на фоне общего увеличения потребления энергоресурсов (табл. 1.1). Необходимо отметить, что снижение потребления угля характерно не только для Великобритании.

Оценка резервов первичных энергоресурсов различна. Если даже допустить значительную ошибку в их подсчетах, то все равно можно констатировать, что ресурсы угля, млрд. т, в пересчете на эквивалентное количество условного топлива значительно превышают ресурсы других видов природного топлива [1.2]:

Уголь и лигнит	4160
Нефть	416
Природный газ	272
Гудрон и нефтеносные сланцы	896

Основной недостаток угля как топлива для промышленных процессов связан с его добычей, транспортом и проблемами защиты окружающей среды. Однако уголь может быть превращен в такие виды топлива, которые эффективно могут использоваться в технологических процессах, где обычно применяются нефть и газ. В Европе и в США имеется много заводов по газификации и сжижению угля.

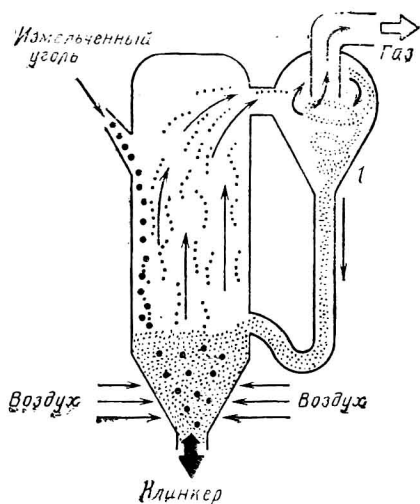
Прогнозы более эффективного использования угля. Наличие больших запасов угля в промышленно развитых странах стимулирует повышенный интерес к использованию угля. В частности, большая часть научно-исследовательских работ направлена на разработку процессов газификации и сжижения угля, чтобы сделать его конкурентоспособным. Так, в США на разработку новой и усовершенствование старой технологии добычи угля и на его газификацию и сжижение ассигнуются большие средства.

Комиссия стран Европейского экономического сообщества (ЕЭС) предложила увеличить использование угля за счет сокращения импорта нефти [1.5], а также усовершенствовать технологию сжигания угля, получения кокса и переработки угля в газообразное и жидкое топливо. Управление Commission of the European Communities в Великобритании предложило программу усовершенствования ряда процессов переработки угля. На экспериментальных установках предполагается исследовать сжигание в кипящем слое (см гл. 9); сжижение угля как с помощью жидких растворителей, так и имеющих критическую температуру в диапазоне температур процесса сжижения газов, а также газификацию с применением кислорода. В других исследовательских работах рассматривается пиролиз (производство жидкого и газообразного топлива при термическом разложении угля в инертной атмосфере) [1.6].

Газификация угля. Процессы газификации угля были разработаны в XIX в. для получения топливного газа, но были вытеснены природным газом, когда он появился в достаточных количествах. Если паровоздушную смесь пропустить через слой угля, нагретого до 1000°C , то в результате образуется горючий газ, в состав которого входит оксид углерода, водород и азот, обладающий сравнительно низкой

Рис. 1.1. Процесс газификации угля в кипящем слое:

1 — циклонный сепаратор



теплотой сгорания. Она составляет менее 20% теплоты сгорания природного газа. Это приводит к тому, что транспортировка газа, полученного за счет газификации угля, на большие расстояния [1.7] оказывается экономически неэффективной.

Существующие в настоящее время установки газификации угля не в состоянии перерабатывать уголь в количестве, необходимом для получения газа, потребляемого на мощных электростанциях. Эти установки имеют также существенные недостатки, связанные с образованием значительных количеств нежелательных побочных продуктов. В США разрабатывается система, которая, возможно, устранит большинство этих проблем. На рис. 1.1 показан процесс в «быстрокипящем слое». В этом процессе за счет высокой скорости газа создается циклонный эффект, возвращающий твердые частицы в нижнюю часть слоя. Скорость потока газа достаточно высока, чтобы обеспечить хорошее перемешивание в слое, в результате чего во всем слое поддерживается равномерная температура. В этой системе используется гораздо меньшее количество пара, чем на старой установке газификации угля, и поскольку почти весь пар преобразуется в углеводороды, КПД этого процесса намного выше.

Установка такого типа может быть составной частью электростанции с комбинированным парогазовым циклом. Группа исследователей, работающих над этим проектом, считает, что такой комплекс мог бы иметь КПД около 50% (КПД современных электростанций составляет 35%).

Исследуется также процесс газификации угля для получения водорода и метана, бензола и газов с низкой, средней и высокой теплотой сгорания.

Сжижение угля. Основная цель процесса сжижения угля — получение топлива с низким содержанием золы и серы, отвечающего всем требованиям обеспечения охраны окружающей среды.

В США [1.8] для этой цели активно используются жидкие растворители. В одном из процессов уголь смешивают с жидким растворителем, полученным также из угля, затем смесь нагревают и подают с определенным количеством водорода в реактор высокого давления. Затем водород и сероводород отделяют, смесь фильтруют и растворитель отгоняют для повторного использования. Готовый продукт получают в твердом или жидком виде. Этот и некоторые другие разрабаты-

ваемые методы требуют применения дорогостоящего водорода. В то же время в Великобритании исследуется система, которая не требует его применения.

Другой метод получения жидкого топлива из угля, который впервые был разработан в Великобритании, заключается в том, что в температурном интервале 350—400° С под высоким давлением значительная часть углеводородов из угля может быть экстрагирована газами, имеющими критическую температуру в этих пределах температур. При этом устраняются проблемы разделения, которые могут возникать в процессах с использованием жидких растворителей.

1.2. Газ

Ниже приведены данные по потреблению природного газа %*, в промышленно развитых капиталистических странах [1.10]

Нидерланды	33
США	33
Канада	26
Великобритания	13
Италия	9
ФРГ	9
Франция	8
Япония	1
Скандинавские страны	<1

В большинстве перечисленных стран наиболее распространенным видом топлива является нефть. В США природный газ значительно дешевле, чем в Великобритании, и поэтому стоимость газа, предоставляемого компаниям по производству электроэнергии, составляет около 2/3 стоимости газа, предоставляемого другим промышленным компаниям.

По прогнозам в Великобритании потребность в природном газе достигнет максимума в 80-х годах с сокращением потребления, вызванным дефицитом добычи в 90-х годах [1.11]. Максимальное потребление составит около 75 млн. т условного топлива, что эквивалентно примерно 20% общего потребления энергоресурсов в Великобритании в 80-х годах. За небольшим исключением весь газ, поставляемый к 1980 г. Великобритании, будет природным с теплотой сгорания вдвое большей, чем городской газ, который составлял основную часть поставок до 60-х годов [1.12]. Этот газ может поступать непосредственно из скважин, например Северного моря, с возможным добавлением газа с такими же характеристиками, производимого из угля.

Рассматриваются методы, обеспечивающие более медленное истощение запасов природного газа [1.12], в частности за счет ценообразования по сравнению с другими видами топлива.

Сопоставление стоимости использования энергоресурсов в Великобритании и США на уровне 1975 г. приведено в табл. 1.2 [1.10].

* Процент общего потребления энергоресурсов.

Таблица 1.2. Стоимость использования энергоресурсов, центы/МДж, в Великобритании и США*

Области использования	Жидкое топливо	Газ	Уголь	Электроэнергия
Транспорт	1080 445	—	—	—
Отопление	323 210	275 152	200 —	1300 (590***) 1200**
Промышленность	250 213	100 (200**) 100	170 90	900 800
Выработка электроэнергии	200 205	— 66	120 81	—

* В числителе — в Великобритании, в знаменателе — в США.

** Новая.

*** В наливный период графика нагрузки.

** Для восточных штатов.

Природный газ является предпочтительным источником энергии по целому ряду причин. Он чист и при сжигании не образует вредных продуктов. Природный газ можно достаточно легко транспортировать, и нет необходимости в промежуточных хранилищах. Однако основным фактором в определении относительного потребления газа в Великобритании безусловно будут цены в сравнении с ценами на другие виды энергоресурсов, в том числе нефть, добываемую в Северном море.

Будущее природного газа. Большая часть природного газа в Великобритании добывается в настоящее время из скважин, пробуренных в неглубоких частях континентального шельфа.

В будущем добыча газа будет проводиться на большой глубине (до 1000 м) с одновременным совершенствованием методов добычи. Предусматривается повторное сжатие газа, поступающего из удаленных от берега скважин, с использованием промежуточной платформы и установленных на ней центробежных компрессоров с приводом от газовой турбины. Предложен также метод сжижения газа на скважине с последующей транспортировкой на танкере к распределительным центрам на берегу.

Хотя очень трудно определить влияние глубинного бурения на стоимость природного газа, предполагается, что без учета инфляции совершенствования технология глубинного бурения может снизить стоимость газа на 25 % по сравнению с газом, полученным из скважины глубиной 150 м.

Другое совершенствование, которое может стать характерным для добычи природного газа в 80-х годах, — это широкое использование хранилищ жидкого природного газа. Газ, хранящийся в жидком виде при низкой температуре, занимает сравнительно небольшой

объем, и хранилища могут быть размещены непосредственно у потребителя для покрытия пиковых потребностей или периодических сбоев в системе газоснабжения. В настоящее время исследуется возможность хранения природного газа под давлением, перспективно использование для этой цели пустот, образовавшихся в глубоких соляных пластах. Реальной возможностью может явиться также повторное заполнение истощенных скважин, расположенных сравнительно близко к берегу, газом из глубинных скважин.

Ранее рассматривался процесс газификации угля, обеспечивающий замену природного газа. Нефть также может быть использована для этой цели в результате применения крекинг-процесса. Заводы, на которых производят диоксид углерода и метан с использованием реакции между чистыми, легкими нефтяными фракциями и паром при температуре 450 °C в присутствии катализатора, являются недорогими, и в Великобритании этот метод используется на заводах по производству конвертированного городского газа. В США крекинг-процесс используется для покрытия дефицита в поставках природного газа.

При использовании тяжелых и менее чистых нефтяных фракций применяется процесс гидрогенизации. В результате реакции в кипящем слое, состоящем из частиц кокса, можно получить из нефти ряд газов, включая метан, при этом твердые остатки задерживаются в самом слое. Хотя этот процесс дороже крекинг-процесса, разнообразие сырья, которое может для него использоваться, делает его очень перспективным.

Предпочтение в использовании процессов производства заменителей природного газа, а также разработок существующих и вновь открытых запасов природного газа будет диктоваться, главным образом, политикой правительства. ЕЭС настаивает [1.13], чтобы к проблемам поставки и использования природного газа относились с такой же серьезностью, как и к нефтяной проблеме. Сообществом рекомендуется использовать природный газ на новых теплоэлектростанциях только после получения предварительного разрешения официальных организаций с целью использования газа в тех случаях, когда он даст максимальные преимущества. Кроме того, существующее потребление природного газа на таких станциях должно быть сокращено в течение определенного периода времени.

1.3. Нефть

ЕЭС предложило основывать свою нефтяную политику на следующих основных принципах [1.13]:

нефть будет продолжать оставаться основным элементом в поставках по мере роста потребности до тех пор, пока не будут полностью разработаны другие источники энергии. По прогнозам на 1985 г. нефть составит 41% общих поставок энергоресурсов (61% в 1973 г.);

страны — производители нефти постоянно повышают контроль за ее добычей. Это можно видеть на примере Ближнего Востока, где ряд компаний США или многонациональных нефтяных компаний находятся под контролем государств, в которых они расположены. Эта тенден-

ция влияет на роль, которую играют многонациональные нефтяные компании в контроле за добычей;

новые залежи нефти, в частности в Северном море, снизят значимость традиционных крупных поставщиков;

потребность в нефти в других странах будет оказывать постоянное влияние на мировой рынок.

Политика, рекомендуемая ЕЭС, включает в себя также необходимость разработки дополнительных источников энергоресурсов в увязке с прогнозами поставок нефти.

Важное значение нефти как основного вида энергоресурсов для ЕЭС можно видеть из приведенных ниже данных по спросу на нефть в 1972 г. в основных странах ЕЭС, %*.

Италия	79
Франция	70
Нидерланды	58
ФРГ	58
Великобритания	52

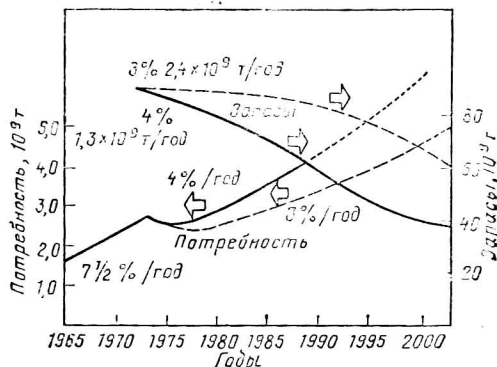


Рис. 1.2. Мировые потребности и запасы нефти

Что касается мирового потребления нефти, относящегося к известным запасам, то картина резко изменилась в 1973 г. в результате нефтяного кризиса, и хотя по прогнозам, сделанным до этого события, темпы роста потребления были определены в 6% в год, к началу 1975 г. темпы роста значительно изменились. Из рис. 1.2, на котором показаны мировые потребности и запасы нефти, видно также изменение темпов роста потребления нефти [1.11]. Соотношение первоначально прогнозируемых запасов и добычи нефти снизилось до 15 : 1 в начале 80-х годов и вряд ли снизится до прогнозируемого уровня в 1990—2000 гг. Сокращение ее потребления в таких странах, как Великобритания, правительство которой ведет политику экономии, может еще более изменить прогноз.

В течение многих лет регулярно давались прогнозы мировых запасов нефти. В 1949 г. эти прогнозы составляли 130—200 млн. т. К середине 60-х годов эта цифра возросла до 270 млн. т и осталась на том же уровне в 1973 г. [1.10, 1.14].

Хотя за последние 3 года на удовлетворение спроса в нефти оказали влияние политические события на Ближнем Востоке, все же есть уверенность, что эксплуатация нефтяных скважин в Северном море приведет к установлению умеренных и постоянных цен.

* Процент общей потребности в топливе (до нефтяного кризиса).

Нефтяные сланцы и битуминозный песок. Сжижение угля было уже кратко описано как способ получения заменителя некоторых нефтяных фракций. Однако запасы природной нефти не ограничены обычными нефтяными пластами, расположенными под землей или в море. Нефть, добываемая из сланцев (и в меньшей степени из битуминозного песка), рассматривается многими как перспективный источник энергоресурсов [1.15, 1.16]. Общие запасы нефти в США, добываемой из сланцев, примерно в 15 раз превышают запасы сырой нефти, которую можно добыть из скважин, а общие мировые запасы, выраженные в виде соотношения нефти к нефтяным сланцам, составляют 1 : 50 [1.17].

Возможна разработка сланцев методом открытой добычи, как в угольной промышленности, но технология добычи нефти из сланцев в промышленных масштабах требует совершенствования.

В 1 т сланцев может содержаться 45—300 л нефти, и в процессе добычи будет получено большое количество побочного продукта в твердом виде.

Обработка битуминозного песка была доведена до промышленного масштаба только в одном штате США, но запасы нефти в нем сравнительно невелики.

Сжиженный нефтяной газ. За последнее десятилетие продажа сжиженного нефтяного газа в Великобритании возросла вдвое, составив в целом 1500 тыс. т в 1975 г. В США он применяется гораздо шире, а Франция является крупнейшим потребителем сжиженного нефтяного газа в Европе. Добыча сырой нефти в Северном море, возможно, окажет значительное влияние на конъюнктуру рынка (только Грэйндсмут получит около 1 млн. т в год).

Сжиженный нефтяной газ получают из трех основных источников: из сырой нефти, подаваемой на поверхность; из попутного газа, связанного с добычей нефти; в виде побочного продукта дистилляции крекинга и риформинга нефти. Широко известны две основные формы этого газа — пропан и бутан, причем пропан получают в гораздо больших количествах.

Широкое использование сжиженного нефтяного газа сдерживается только проблемами его хранения. Стоимость существующего в настоящее время оборудования для хранения (данные по Великобритании) составляет около 120 ф. ст/т бутана. Оптовая цена для сжиженного нефтяного газа (май 1976 г.) составляет 70 ф. ст/т, что сравнимо с ценой природного газа, но поставщики нефти прогнозируют довести стоимость сжиженного нефтяного газа до 50 ф. ст/т, начиная с 1977 г., что делает его конкурентоспособным.

Сжиженный нефтяной газ в течение многих лет является основным сырьем при производстве пластмасс в США; предсказывается использование его для этих целей и в Великобритании. Он может также применяться в процессах сушки, отопления (в настоящее время в виде переносных беспламенных каталитических нагревателей), нагрева на литейных заводах и на транспорте.

Исходя из сказанного, можно утверждать, что на потребление нефти в настоящее время все большее влияние оказывает ее стоимость, и