

621.7
2.75

М. Х. Чогакоу

Энерго- сбережение В промышленности



Industrial Energy Conservation

MELVIN H. CHIOGIOJI

*Professorial Lecturer
George Washington University
Washington, D.C.*

MARCEL DEKKER, INC. New York and Basel

621.7
4-75

М. Х. Чоужой

Энерго- сбережение В промышлен- ности

590566

Перевод с английского
канд. техн. наук Н. И. Перлова



МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1982

Оренбургская областная
библиотека им. Н. К. Крупской

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	7
Предисловие	9
Глава 1. Проблема энергии	10
Исторические аспекты энергопотребления	13
Энергия и валовой национальный продукт	15
Схемы энергоиспользования в промышленности	18
Зачем нужно энергосбережение?	25
Потенциальные возможности энергосбережения в промышленности	25
Эффективность использования энергии в промышленности ряда стран	31
Факторы, препятствующие энергосбережению	32
Заключение	33
Библиографический список	33
Глава 2. Улучшение организации энергопотребления	34
Оптимизация паропотребления	37
Утилизация вторичного тепла	41
Сбережение электроэнергии	42
Изоляция	59
Обогрев помещений и кондиционирование воздуха	76
Библиографический список	80
Глава 3. Термодинамический анализ эффективности	81
Что такое полезная работа?	81
Потенциал энергосбережения в промышленности	85
Библиографический список	88
Глава 4. Утилизация отходящего тепла	88
Зачем утилизировать отходящее тепло?	89
Потенциальные возможности утилизации отходящего тепла	90
Непосредственная утилизация отходящего тепла	93
Рекуператоры и регенераторы	94
Тепловые трубы	101
Котлы-утилизаторы	103
Машины низкотемпературного цикла	104
Тепловые насосы	106
Заключение	109
Библиографический список	111
Глава 5. Повышение эффективности работы котлов	111
Параметры промышленных котлов	112
Средства повышения к. п. д. котлов	114
Утилизация отходящего тепла	120
Использование в котлах топок кипящего слоя	126
Потенциал энергосбережения	127
Библиографический список	132
Глава 6. Комбинированная выработка энергии	132
Методы комбинированной выработки энергии	134
Значение комбинированной выработки энергии	138
Препятствия для комбинированной выработки энергии	144
Возможности увеличения комбинированной выработки энергии	149
Библиографический список	151

Глава 7. Черная металлургия	151
Технологический цикл производства черных металлов	153
Использование энергии	154
Подготовка железной руды к плавке	157
Производство кокса	159
Доменные печи	164
Непрерывная разливка стали	172
Нагревательные колодцы	174
Нагревательные печи	177
Термическая обработка	180
Использование отходящего газа	186
Потенциал энергосбережения	189
Библиографический список	193
Глава 8. Алюминиевая промышленность	195
Производство алюминия	200
Расход энергии в алюминиевой промышленности	204
Сырые материалы	209
Производство глинозема	209
Обжиг глинозема во взвешенном состоянии	213
Плавка глинозема	214
Плавка алюминия	221
Непрерывная разливка алюминия	224
Повторное использование вторичного алюминия	225
Потенциал энергосбережения	227
Библиографический список	228
Глава 9. Медеплавильная промышленность	229
Технологические процессы производства меди	231
Расход энергии в медеплавильной промышленности	238
Усовершенствование процессов добычи и обогащения руды	242
Производство металлической меди	244
Применение кислорода в плавке	254
Рафинирование меди	255
Потенциал энергосбережения	255
Библиографический список	257
Глава 10. Предпосылки энергосбережения в будущем	259
Использование вторичных материалов	260
Приобретение лицензий на иностранную технологию	263
Переход на альтернативные виды топлива	266
Заключение	270

Глава 1. Проблема энергии

Наличие достаточного количества энергии необходимо для осуществления промышленного производства в США и обеспечения современному обществу возможности делать то, что ему необходимо. Такие цели, как создание определенного уровня жизни для населения, численность которого растет, обеспечение государственной безопасности, улучшение условий жизни и, наконец, оказание помощи менее развитым странам, могут быть достигнуты только при больших ресурсах энергии.

Начиная с 30-х годов нашего столетия правительство США принимало меры, которые были в целом равносильны осуществлению на практике политики, стимулирующей увеличение расхода энергии. Это подтверждается следующими обстоятельствами:

1) отпуск по низким ценам и без ограничений электрической энергии федеральными организациями, такими как Управление по развитию водного энергетического и сельского хозяйства долины реки Теннесси, Энергетическое управление в Бонневилле, а также Администрация сельской электрификации;

2) контроль над ценами на природный газ, выходящий из скважин под напором, в тех случаях, когда разрабатываются крупные газовые месторождения;

3) ввоз значительных количеств иностранной нефти, особенно после 1970 г.

Результаты осуществления таких мер способствовали экономическому росту и процветанию США. Несмотря на существование некоторых причин для эффективного использования энергии и энергосбережения, расход энергии в США в прошлом характеризовался таким же «расточительством», которое практиковалось в отношении товаров широкого потребления.

Наложение арабскими странами эмбарго на поставку нефти в октябре 1973 г. вызвало шок, распространившийся на потребляющие значительные количества энергии промышленные районы США, Европы и Азии. В еще большей степени ухудшило положение то обстоятельство, что в январе 1974 г. нефтедобывающие страны в два раза увеличили цены на сырую нефть. Что касается промышленно развитых стран, зависящих от импорта энергии, то для них необходимость выплаты дополнительных миллиардов за нефть могла лишь привести к далеко идущим последствиям. Эмбарго, наложенное арабскими странами, явилось сигналом, предупреждающим о более серьезных проблемах, которые, несомненно, возникнут, но и в настоящее время мы уже ощущаем в полной мере влияние дефицита энергии.

Коренная причина возникшей энергетической ситуации заключается в том, что в последние годы, несмотря на то что рост спроса на энергию не ограничивался, ее получение из существующих источников значительно затруднилось. Каждый год мы попадаем

в более и более тяжелое положение при удовлетворении спроса за счет местных источников энергии, что приводит к дефицитам, которые могут покрываться только значительным объемом импорта. Несмотря на то что прогнозируемые оценки намечаемых к использованию энергетических ресурсов колеблются в широких пределах, эксперты соглашаются с тем, что их степень вовлечения будет снижаться, в то время как расход будет продолжать неуклонно возрастать. В результате будет иметь место дефицит, как это видно из табл. 1.1. Дефицит может быть покрыт путем импорта нефти

Т а б л и ц а 1.1

Дефицит энергии в США, млн. т у. т.

Показатели	Годы				
	1971	1975	1980	1985	2000
Снабжение за счет собственных источников:					
природный газ	785,2	815,0	826,6	810,4	822,6
нефть	812,5	796,7	855,7	849,6	763,9
уголь	452,2	497,7	581,0	772,9	1129,0
гидроэнергия	102,0	128,5	143,6	155,5	214,2
атомная энергия	14,1	92,2	241,9	423,0	1772,3
Всего	2166,0	2330,1	2648,8	3011,4	4702,0
Расходуется в стране	2474,2	2889,5	3242,7	3790,8	5848,2
Дефицит, покрываемый импортом (млн. т нефти) . . .	308,2 (212,9)	559,4 (381,6)	593,9 (405,1)	779,4 (531,6)	1146,2 (781,8)

и природного газа, но это решит проблему лишь на короткое время и такое решение противоречит намеченной государственной политике.

В ходе двухлетних исследований проблем энергообеспечения Рабочей группой по разработке альтернативных вариантов энергетической стратегии были сделаны следующие выводы:

1. Поставки нефти будут недостаточны для покрытия растущего на нее спроса еще до наступления 2000 г., скорее всего, в период между 1985 и 1995 гг., даже если цены на энергию возрастут на 50 % по сравнению с их существующими уровнями в сопоставимых условиях. Дополнительные ограничения в отношении добычи нефти только усугубят этот дефицит и, следовательно, сократят продолжительность времени, которым мы располагаем для разработки альтернативных вариантов.

2. Спрос на энергию будет продолжать расти, даже если государственные органы будут осуществлять энергичные меры по сбережению энергии. Этот рост спроса должен все в большей степени удовлетворяться не нефтью, а другими энергетическими ресурсами, в то время как нефть в возрастающем объеме будет

резервироваться для нужд, которые можно удовлетворить только этим видом топлива.

3. Продолжающийся рост спроса на энергию требует, чтобы было сделано все возможное по более энергичному выявлению энергетических ресурсов. Изменения в мировой экономике, в которой доминирующим образом используется нефть, необходимо начать осуществлять уже в настоящее время. Разработка альтернативных стратегий потребует от 5 до 15 лет, а необходимость в замене отдельных видов топлива будет быстро расти по мере приближения к последнему десятилетию текущего столетия.

4. Электроэнергия, вырабатываемая путем использования атомной энергии, способна внести свой существенный вклад в мировые энергетические ресурсы, хотя внедрение такой стратегии в достаточно крупном масштабе повсеместно в мире еще требуется осуществить. Термоядерная энергия до 2000 г. не получит сколько-нибудь существенного применения.

5. Уголь может составить существенную долю в будущих энергетических ресурсах. Имеются богатые запасы угля, но их использование требует активного осуществления программы проектно-конструкторских работ как для предприятий угольной промышленности, так и для потребителей.

6. Запасы природного газа являются довольно большими для того, чтобы удовлетворить прогнозируемый спрос при условии, что будут достаточными стимулы, способствующие разработке крупных и дорогостоящих межконтинентальных систем транспортировки газа.

7. Несмотря на то что база других ресурсов ископаемого топлива, таких как нефтеносные пески, тяжелые фракции жидкого топлива и битуминозные сланцы, весьма значительна, ее, вероятно, хватит до 2000 г. лишь для удовлетворения очень небольшой доли потребности в энергии.

8. Маловероятно, что другие, помимо гидроэлектрической энергии, возобновляемые ресурсы энергии, например солнечная энергия, энергия ветра, энергия морских волн, смогут в мировом масштабе дать сколько-нибудь значительное количество дополнительной утилизируемой энергии в текущем столетии, хотя для определенных районов они могли бы иметь важное значение. Эти ресурсы, вероятно, станут играть все более важную роль в XXI веке.

9. Улучшение показателей эффективности использования энергии сверх их предполагаемых значений, соответствующих уровням существенного энергосбережения, может еще в большей степени сократить спрос на энергию и уменьшить предполагаемые в будущем разрывы между спросом на энергию и его удовлетворением. Мероприятия по обеспечению сбережения энергии должны оставаться основными элементами всех будущих энергетических стратегий.

10. Крайне тесная взаимосвязь стран в области энергообеспечения требует достижения в будущем беспрецедентной степени международного сотрудничества. В дополнение к этому нужно желание мобилизовать финансовые и трудовые ресурсы, научно-исследовательский потенциал и изобретательность для решения совместной задачи, что никогда до этого в мирное время не достигалось, а в настоящее время стало необходимостью [1].

В то время как технологические процессы и их осуществление с учетом непосредственного решения стоящих перед нами энергетических проблем являются сложными, основное уравнение энергообеспечения является простым — ресурсы энергии должны быть равны спросу или превышать его. В том случае, когда ресурсов недостаточно для удовлетворения спроса, необходимо уменьшить этот спрос для того, чтобы восстановить равновесие. США в самом ближайшем будущем встретится именно с этим условием.

Из двух путей, которые открыты для нас, — увеличение ресурсов или уменьшение спроса — может быть реализован быстро только последний путь. Увеличение ресурсов требует значительных объемов капиталовложений, а также продолжительного времени для его осуществления. Но энергосбережение можно начать осуществлять сразу, как только мы примем решение расходовать меньшее количество энергии и использовать ее более эффективно.

Исторические аспекты энергопотребления

До самого последнего времени США не имели никаких забот с потреблением энергии в связи с изобилием собственных ресурсов легкодоступных видов топлива. Даже в настоящее время цены на энергоресурсы по сравнению с ценами на другие товары ниже, чем в любой другой промышленно развитой стране. Рис. 1.1 иллюстрирует изменение общего расхода энергии в США за период с 1947 по 1975 г. За это время общий расход энергии имел годовой темп роста 2,8 %. В табл. 1.2 эта информация представлена в другом виде. Эта таблица показывает также, что с 1960 по 1973 г. ускорился рост энергопотребления. В этот период

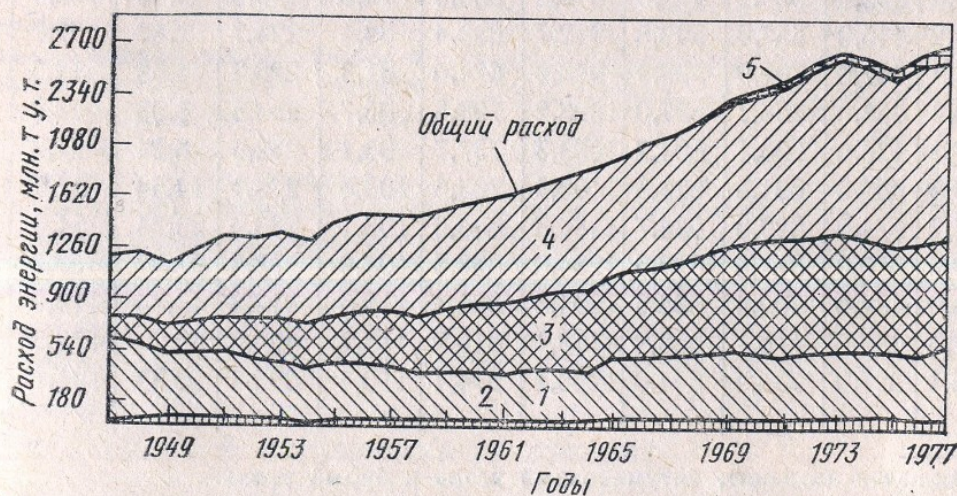


Рис. 1.1. Общий расход энергии в США:

1 — уголь; 2 — гидроэнергия и геотермальная энергия; 3 — природный газ; 4 — нефть; 5 — атомная энергия

Таблица 1.2

Общий расход энергии в США в 1947—1976 гг.

Годы	Уголь *		Природный газ		Нефть **		Гидроэнергия и геотермальная энергия		Атомная энергия		Общий валовой расход энергии, млн. т у. т.
	млн. т у. т.	млн. т	млн. т у. т.	млрд. м ³	млн. т у. т.	млн. т	млн. т у. т.	млрд. кВт·ч	млн. т у. т.	млрд. кВт·ч	
1947	569,7	549,0	162,7	123,6	409,2	273,6	47,7	85,0	—	—	1189,3
1948	536,3	517,0	181,2	137,6	452,1	277,8	50,8	88,5	—	—	1219,7
1949	454,7	438,0	190,4	144,6	436,3	292,6	52,2	96,4	—	—	1133,6
1950	464,9	448,0	221,4	168,2	485,6	326,6	51,8	102,7	—	—	1223,7
1951	476,1	459,0	260,9	198,2	534,5	355,3	52,3	106,6	—	—	1323,9
1952	427,2	412,0	279,4	212,2	552,0	367,3	53,9	112,0	—	—	1312,5
1953	428,1	413,0	293,6	222,7	579,5	381,6	51,8	111,6	—	—	1353,0
1954	367,0	354,0	307,7	233,7	580,8	391,7	50,0	112,0	—	—	1305,5
1955	415,4	405,0	332,4	252,4	630,9	426,3	50,7	120,3	—	—	1429,4
1956	423,1	414,0	354,0	268,9	670,6	444,5	53,5	129,8	—	—	1501,2
1957	402,0	394,0	379,0	284,8	668,5	444,7	55,8	137,0	0,04	< 0,1	1501,4
1958	354,6	350,0	395,8	300,6	691,7	463,5	58,9	147,6	0,07	0,2	1501,1
1959	353,2	349,0	431,7	327,9	710,9	478,6	57,3	145,0	0,07	0,2	1553,2
1960	365,0	361,0	457,2	347,2	722,4	496,5	59,7	154,0	0,22	0,5	1604,5
1961	356,6	354,0	476,2	360,8	737,5	500,6	60,5	157,8	0,65	1,7	1631,5
1962	366,8	366,0	508,4	385,2	765,6	522,0	65,6	172,5	0,86	2,3	1707,3
1963	385,7	384,0	534,4	405,9	790,2	539,7	63,6	168,6	1,22	3,2	1775,1
1964	405,5	405,0	563,3	427,8	805,9	554,7	68,7	182,3	1,26	3,3	1844,7
1965	428,7	428,0	579,5	441,4	836,7	577,8	74,1	196,8	1,37	3,7	1920,4
1966	449,8	452,0	626,2	477,0	878,2	565,3	74,6	199,0	2,05	5,5	2030,9
1967	441,2	445,0	657,0	500,5	912,1	630,4	84,4	224,7	2,88	7,7	2097,6
1968	455,7	462,0	704,9	536,9	973,9	674,0	84,3	225,2	4,68	12,5	2223,5
1969	458,4	468,0	756,7	577,0	1023,2	709,5	95,7	254,5	5,26	13,9	2339,3
1970	457,1	475,0	793,1	604,7	1063,3	737,7	95,4	252,6	8,24	21,8	2417,2
1971	433,5	455,0	821,5	626,3	1100,5	763,5	103,0	273,1	14,54	37,9	2473,1
1972	447,2	474,0	829,3	634,7	1186,8	823,6	106,1	283,9	20,74	54,0	2590,1
1973	478,6	510,0	817,6	629,5	1254,6	868,6	107,9	288,6	31,97	83,3	2690,7
1974	464,0	494,0	782,4	602,5	1204,8	834,1	118,6	317,3	43,74	113,9	2613,6
1975	461,3	492,0	718,1	553,0	1178,1	815,9	115,7	309,6	66,2	172,5	2539,4
1976	495,1	527,0	733,4	564,6	1263,1	874,4	110,4	295,4	73,33	191,1	2675,3

* Включая антрацит, битуминозный уголь и бурый уголь.

** Включая собственную добычу сырой нефти, сжиженного нефтяного газа и конденсата, а также импорт сырой нефти и нефтепродуктов.

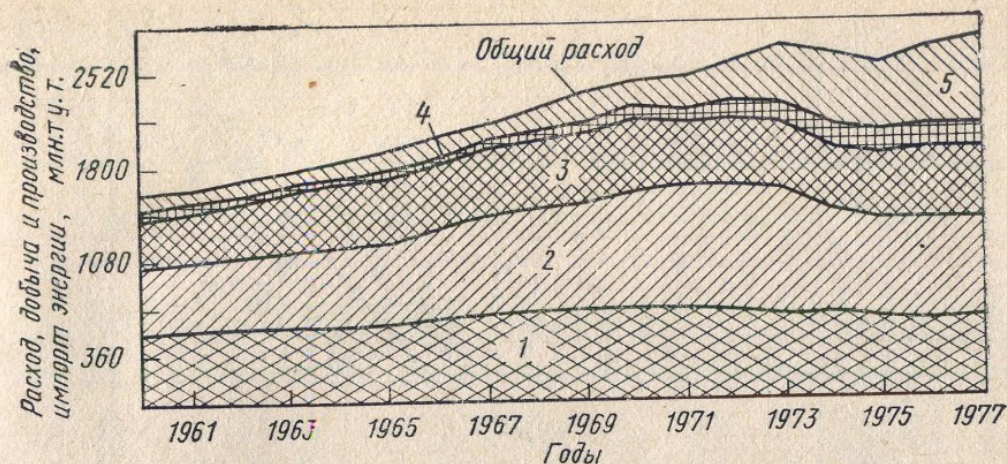


Рис. 1.2. Расход, собственная добыча и производство и импорт энергии в США:
1 — добыча нефти; 2 — добыча природного газа; 3 — добыча угля; 4 — производство других видов энергии; 5 — чистый импорт энергии

годовой темп роста составлял 4,1 %. Этот темп роста является особенно значительным, если его сравнить с собственными добычей и производством энергии в США, которые суммарно имели годовой темп роста только 3,1 %. В результате этой диспропорции в США между внутренним потреблением и собственными добычей и производством энергии ее чистый импорт имел темп роста за период с 1960 по 1973 г., равный 11,9 % (рис. 1.2).

Структура распределения энергоресурсов по видам, используемым в экономике США, изменилась за последние 120 лет, как это видно из рис. 1.3. В 1850 г. дровами покрывалось около 90 % потребности США в энергии. Однако такой вариант использования энергоресурсов являлся неэффективным. По мере сокращения потребления дров все более важную роль играл уголь, и с его внедрением эффективность использования энергии повысилась. В 1920 г. лидирующую роль в энергопотреблении стали играть нефть и природный газ, что стимулировалось более легкими условиями их сжигания, более низкими ценами и меньшим отрицательным воздействием на окружающую среду. В связи с истощением запасов нефти и природного газа необходимо обеспечить увеличение потребления угля, а такие альтернативные энергоносители, как ядерное горючее, солнечная энергия и различные виды синтетического топлива, приобретут важное значение.

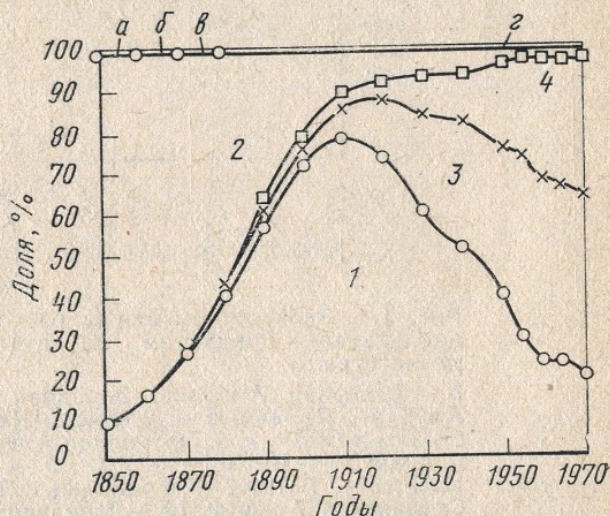


Рис. 1.3. Изменение долей различных энергоресурсов, расходуемых экономикой США:

а — мускульная сила: 0,14 % в 1850 г., 0,04 % в 1950 г.; б — водяные колеса: 0,2 % в 1850 г., 0,006 % в 1950 г.; в — рабочие животные: 0,6 % в 1850, 1880 гг., 0,03 % в 1950 г.; 2 — гидроэнергия: 1,1 % в 1950 г., 1,4 % в 1970 г.; 1 — уголь; 2 — дрова; 3 — нефть; 4 — природный газ, включая сжиженный нефтяной газ

Энергия и валовой национальный продукт

В настоящее время уже имеется значительный теоретический задел, касающийся зависимости между расходом энергии и валовым национальным продуктом. Действительно, сейчас уже широко применяется такой показатель, как темпы

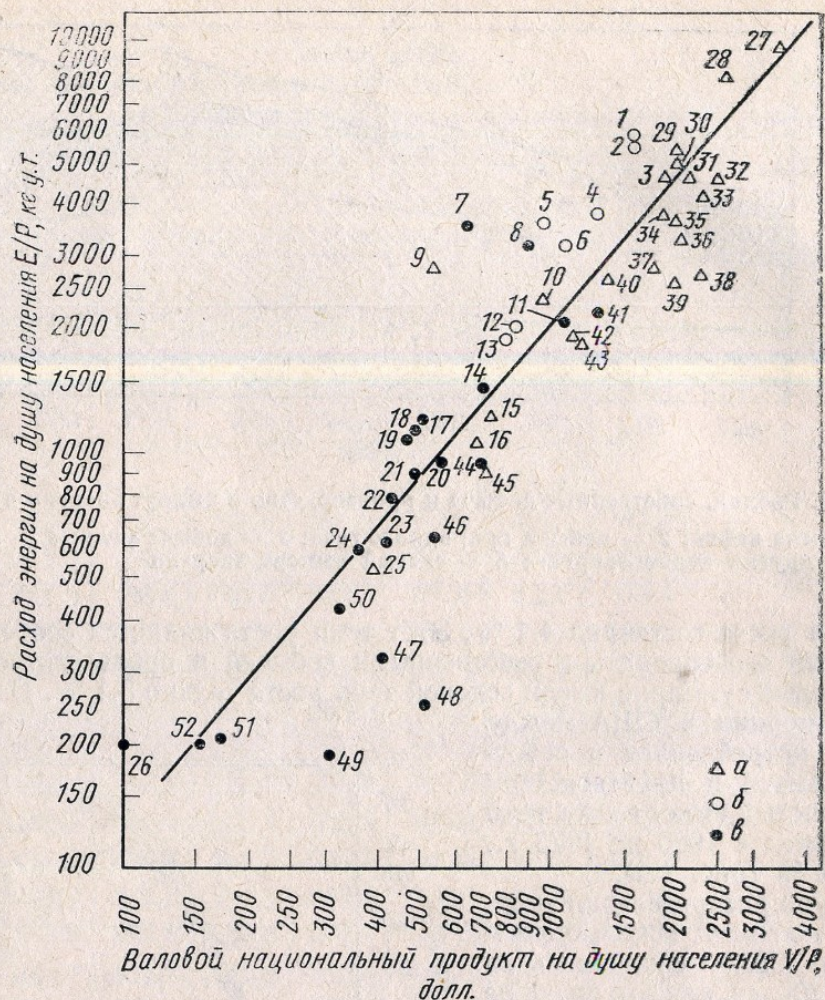


Рис. 1.4. Зависимость между расходом энергии и валовым национальным продуктом на душу населения. Местонахождение страны:

а — Северная Америка, Западная Европа, Океания, Южная Америка, Япония; б — Восточно-Европейские социалистические страны и СССР; в — Латинская Америка; другие страны Африки и Азии; 1 — ЧССР; 2 — ГДР; 3 — Австралия; 4 — СССР; 5 — ПНР; 6 — ВНР; 7 — Тринидад и Тобаго; 8 — Венесуэла; 9 — Саудовская Аравия; 10 — Ирландия; 11 — Пуэрто-Рико; 12 — НРБ; 13 — СРР; 14 — Аргентина; 15 — СФРЮ; 16 — Испания; 17 — Чили; 18 — Панама; 19 — Мексика; 20 — Уругвай; 21 — Ямайка; 22 — Ливан; 23 — Гонгконг; 24 — Перу; 25 — Португалия; 26 — Индия, Пакистан; 27 — США; 28 — Канада; 29 — Англия; 30 — Бельгия и Люксембург; 31 — ФРГ; 32 — Швеция; 33 — Дания; 34 — Нидерланды; 35 — Норвегия; 36 — Франция; 37 — Финляндия; 38 — Швейцария; 39 — Новая Зеландия; 40 — Австрия; 41 — Израиль; 42 — Италия; 43 — Япония; 44 — Кипр; 45 — Греция; 46 — Ливия; 47 — Коста-Рика; 48 — Никарагуа; 49 — Гватемала; 50 — Малайзия и Сингапур; 51 — АРЕ; 52 — Таиланд

изменения суммарного расхода энергии в тепловых единицах на валовой национальный продукт (ВНП) в неизменных долларах — темпы изменения отношения расхода энергии к ВНП — для того, чтобы определить зависимость между реальным экономическим ростом и ростом расхода энергетических ресурсов.

Определенные круги уже рекомендовали приостановить в США дальнейший рост расхода энергии, чтобы уменьшить влияние последствий ее недостаточных поставок. Однако анализ потребления энергии выявляет, что имеются только небольшие возможности для сколько-нибудь значительного сокращения ее расходов без опасности принести вред экономике страны и уровню жизни. Значительная часть энергии используется для имеющих важнейшее значение целей.

Т а б л и ц а 1.3

Расход энергии промышленностью на 1 долл. прироста ВВП, 1947—1974 гг.

Год	Прирост стоимости ВВП за счет промышленности * в ценах 1958 г., млрд. долл.	Расход энергии в виде топлива промышленностью, млн. т у. т.	Удельный расход энергии в виде топлива на 1 долл. прироста ВВП, кг у. т.	Расход других видов энергии промышленностью, млн. т у. т.	Удельный расход других видов энергии на 1 долл. прироста ВВП, кг у. т.	Общий расход энергии промышленностью, млн. т у. т.	Удельный расход энергии на 1 долл. прироста ВВП, кг у. т.
1947	114,9	440,1	3,83	38,1	0,33	478,2	4,16
1948	121,5	423,9	3,49	37,7	0,31	461,6	3,80
1949	115,0	392,4	3,41	34,3	0,30	426,7	3,71
1950	131,3	428,5	3,26	36,3	0,28	464,8	3,54
1951	146,0	476,5	3,27	40,3	0,28	516,8	3,54
1952	150,7	459,1	3,05	36,9	0,24	496,0	3,29
1953	161,2	487,8	3,03	36,7	0,23	524,5	3,25
1954	149,6	442,3	2,96	37,8	0,25	480,1	3,20
1955	165,8	500,8	3,02	41,9	0,25	542,7	3,27
1956	166,9	520,4	3,12	44,8	0,27	565,2	3,39
1957	167,8	515,8	3,07	47,1	0,28	562,9	3,36
1958	153,3	480,3	3,13	45,6	0,30	525,9	3,43
1959	170,7	498,3	2,92	50,9	0,30	549,2	3,22
1960	172,0	519,9	3,02	54,2	0,32	573,7	3,34
1961	171,2	519,5	3,03	54,3	0,32	573,8	3,35
1962	186,2	543,2	2,92	56,3	0,30	599,5	3,22
1963	201,0	565,2	2,81	60,2	0,30	625,4	3,11
1964	215,7	595,2	2,76	60,8	0,28	656,0	3,05
1965	235,1	614,4	3,61	62,8	0,27	677,2	2,88
1966	254,0	645,0	2,54	68,4	0,27	713,4	2,81
1967	254,1	644,1	2,53	79,5	0,31	723,6	2,85
1968	268,4	684,8	2,55	85,9	0,32	770,7	2,87
1969	276,2	700,0	2,53	101,4	0,37	801,4	2,90
1970	260,6	712,4	2,73	95,3	0,37	807,7	3,10
1971	264,1	704,8	2,67	101,2	0,38	806,0	3,05
1972	288,8	720,8	2,49	111,1	0,39	831,9	2,88
1973	309,5	720,6	2,33	116,5	0,38	837,1	2,70
1974	293,1	726,3	2,48	115,7	0,40	842,0	2,87

* Данные Бюро экономического анализа Министерства торговли США.

Целых две трети ее потребления приходится на нужды, связанные с бизнесом, и большая часть из оставшейся одной трети предназначена для удовлетворения личных потребностей. Вполне понятно, что использование энергии для таких видов отдыха и развлечений, как путешествия во время отпуска или просмотры телевизионных программ, могло бы быть сокращено, но не без далеко идущих экономических и политических последствий. Имеются и некоторые второстепенные потребители энергии, которые, строго говоря, могут рассматриваться как несущественные, но их устранение не позволит добиться сколько-нибудь значительной экономии [2].

Тесная зависимость между валовым национальным продуктом той или иной страны и расходом энергии на душу населения представлена на рис. 1.4. Но эта зависимость между расходом энергии и ВВП является сложной. За последнюю половину столетия количество энергии, требующейся для единицы прироста ВВП, в целом уменьшилось несмотря на снижение реальной стоимости энергии за этот период (табл. 1.3 и рис. 1.5). Это объясняется главным образом влиянием

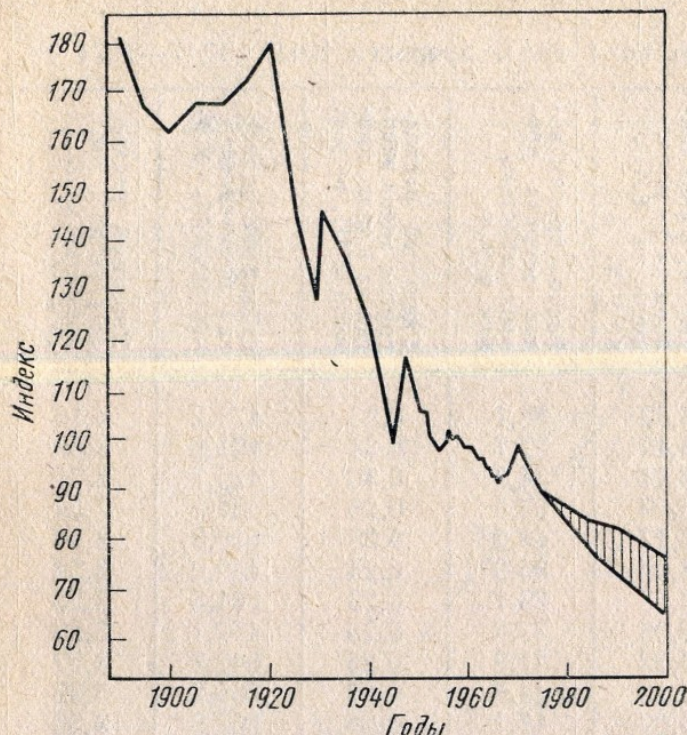


Рис. 1.5. Изменение индекса удельного расхода энергии на 1 долл. прироста национального дохода с 1890 до 2000 г. (за 100 принят показатель 1958 г.)

новой технологии и особенностями изменения выхода продукции, определяющего величину валового национального продукта. В 1947 г. удельный расход энергии на 1 долл. прироста ВВП составлял 4,16 кг у. т. К 1960 г. этот показатель в расчете на 1 долл. снизился до 3,34 кг у. т., а к 1974 г. составил только 2,87 кг у. т.

В недавно проведенном исследовании зависимости между использованием энергии и экономическим развитием Совет Национальной промышленной конференции установил, что связь между ними является более эластичной, чем это обычно предполагают, при условии, что предоставляется достаточно времени для необходимого регулирования уровней производства и потребления. Это позволит расходовать на единицу продукта меньшее количество энергии [3]. Экономист Д. Майерс высказал мнение, что в свете быстрого повышения новых цен на энергию за последние несколько лет величина удельного расхода энергии на единицу прироста ВВП могла бы снижаться на 2 % в год без того, чтобы оказывать неблагоприятное воздействие на экономику [4].

Из вышесказанного вытекает, что в то время как исследования, выполненные в недавнем прошлом, указывают на наличие тесной связи расхода энергии и ВВП, данные за больший период свидетельствуют о том, что степень этой связи ослабевает. Мы можем успешно осуществлять наши программы повышения эффективности использования энергии в промышленных процессах без опасения экономического застоя.

Схемы энергоиспользования в промышленности

Рынок промышленности является сложным и предусматривает взаимодействие потребностей каждой отрасли с особенностями каждого вида топлива. Например, для черной металлургии требуются специальные виды топлива, такие как коксующиеся угли, а для стекольной промышленности нужен регулируемый подвод тепла в термических печах. Поэтому необходимы определенные виды топлива: низкосернистые угли для черной металлургии и газ для стекольной промышленности. Чтобы определить, что может быть сделано для повышения эффективности использования энергии, следует иметь информацию о схемах энергоиспользования различными отраслями в пределах сектора обрабатывающей промышленности.

Расход энергии по видам топлива

Сектор обрабатывающей промышленности является ведущим потребителем энергии среди всех секторов экономики США. В 1975 г. в нем расходовалось около 800 млн. т у. т., или 28 % объема энергопотребления в стране, в виде топлива, сырья, идущего на переработку, и электрической энергии.

Рис. 1.6 иллюстрирует те изменения, которые произошли с общим расходом энергии, расходом электроэнергии и структурой энергетического сырья для промышленности за последние несколько лет. Хотя данные, приведенные на этой диаграмме, охватывают ретроспективу лишь до 1947 г., мы знаем, что 50 лет назад приблизительно 80 % потребности промышленности в топливе, используемом в качестве энергетических ресурсов, покрывалось углем. К 1947 г. эта доля использования угля в общем расходе энергии сократилась до 54 %, и впоследствии, за истекшие 25 лет, отмечалось даже еще более быстрое снижение этой доли.

Изучение диаграммы (см. рис. 1.6) позволяет обнаружить два характерных обстоятельства, которые требуют комментариев. Очень большое увеличение доли использования природного газа в общем расходе энергии (с 22 % в 1947 г. до 43 % в настоящее время) произошло потому, что природный газ является почти идеальным топливом. Кроме того, благодаря главным образом государственному регулированию природный газ является наименее дорогостоящим топливом как для общего потребления, так и для промышленности. Вторым обстоятельством является то, что расход электроэнергии промышленностью за рассматриваемый период увеличился более чем в четыре раза, что свидетельствует об очень быстрых темпах роста расхода электроэнергии.

В период между 1947 и 1975 гг. среднегодовой темп прироста суммарного расхода энергии составил 1,8 %. Большая часть этого прироста расхода была связана с приростом расхода нефти и природного газа при среднегодовом темпе снижения расхода угля 1,9 %. С 1958 г. расход энергии увеличился при среднегодовом темпе прироста 2,1 %. Суммарный расход ископаемого топлива в 1975 г. составлял 86 % от расхода энергии сектором промышленности для потребителей топлива.

Крупными потребителями энергии для производственных нужд являются химическая, металлургическая, нефтеперерабатывающая, угольная, целлюлозно-бумажная, пищевая промышленности и промышленность строительных материалов. В табл. 1.4 приводится в историческом разрезе сводка энергопотребления по этим отраслям промышленности, подготовленная Советом Национальной промышленной конференции.

В табл. 1.5 представлены данные о расходе энергии в секторе обрабатывающей промышленности по производствам и видам топлива. Очевидно, что суще-

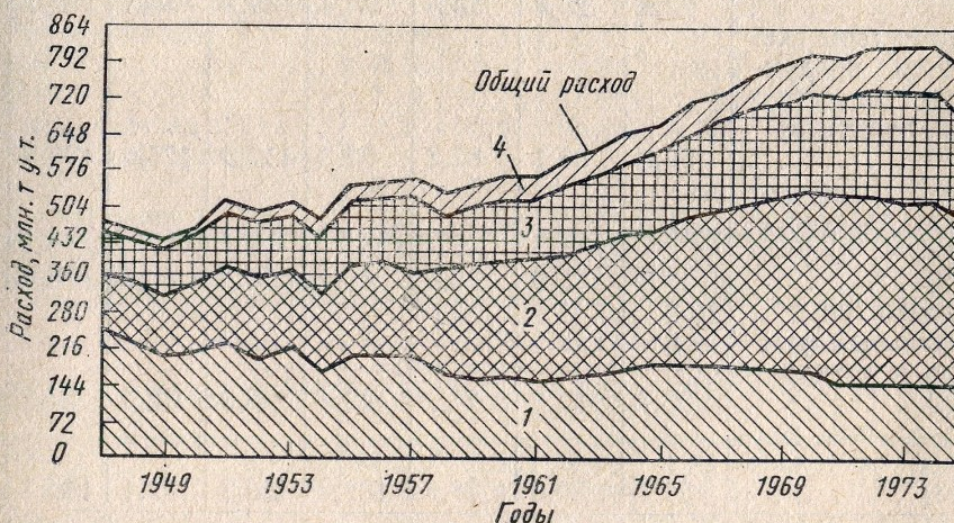


Рис. 1.6. Расход энергии сектором промышленности:
1 — уголь; 2 — природный газ; 3 — нефть; 4 — покупная электроэнергия

Т а б л и ц а 1.4

Суммарный расход энергии высокоэнергоемкими отраслями производства по отдельным годам за период 1947—1980 гг., млн. т у. т.

Энергия	Годы							
	1947	1954	1958	1962	1967	1971	1975	1980
Покупаемая всеми промышленными отраслями и отраслями, производящими энергию и расходующими ее на тех же предприятиях, с учетом внутреннего потребления собственных ресурсов по отраслям, предусмотренным цензами стандартной промышленной классификации под № 2911 и № 3312	379,3	429,6	470,1	537,9	657,5	715,1	870,0	999,5
Покупаемая всеми промышленными отраслями	314,6	351,6	385,1	449,5	556,7	614,2	753,1	877,8
Потребляемая шестью высокоэнергоемкими отраслями, предусмотренными в цензах двузначными номерами групп:								
производством продуктов питания, включая детское питание (№ 20)	30,9	31,8	34,2	35,7	39,5	46,2	46,2	52,3
производством бумаги и сопутствующих продуктов (№ 26)	22,9	28,8	33,6	38,4	49,2	46,2	62,1	63,8
производством химической продукции и сопутствующих продуктов (№ 28)	36,8	63,1	82,2	93,3	117,3	125,0	179,9	216,7
производством продуктов переработки нефти и угля (№ 29)	19,8	25,0	36,6	45,1	55,5	65,5	75,0	82,9
производством строительных материалов и стекла (№ 32)	33,4	37,2	38,1	42,4	48,3	52,0	58,2	67,1
производством первичных металлов (№ 33)	91,7	90,0	78,6	102,0	120,2	121,1	145,1	167,6
Итого по шести отраслям	235,5	275,9	103,3	356,9	430,1	466,1	566,5	650,4

Энергия	Годы							
	1947	1954	1958	1962	1967	1971	1975	1980
Другие производственные отрасли . .	79,1	75,7	81,8	92,5	126,6	148,1	186,6	227,4
Внутреннее потребление собственных ресурсов:								
нефтепереработкой (№ 2911)	26,1	40,1	38,9	41,7	41,2	44,0	45,6	46,3
доменными печами и сталеплавильными агрегатами (№ 3312)	38,6	37,9	46,1	46,7	59,7	56,9	71,3	75,3

Таблица 1.5

Расход энергии в секторе обрабатывающей промышленности по производствам и видам топлива в 1974 г., млн. т у. т.

Производство и его номер по цензам	Вид топлива					
	уголь	нефть	природный газ	электроэнергия	прочие виды энергии	всего
Пищевых продуктов (20) . . .	2,71	4,76	17,12	4,56	4,49	33,64
Табака (21)	0,20	0,19	0,16	0,13	0,01	0,69
Текстильных изделий (22) . . .	0,72	2,26	3,68	3,30	1,37	11,33
Одежды (23)	0,04	0,21	0,55	0,90	0,64	2,34
Продуктов заготовки и переработки древесины (24) . . .	0,10	1,53	2,62	1,82	3,05	9,12
Мебели (25)	0,10	0,27	0,91	0,51	0,33	2,12
Бумаги (26)	7,52	20,75	14,91	4,78	32,10	80,06
Целлюлозы и картона (26) . .	7,36	20,04	13,50	3,73	31,15	75,78
Другой бумажной продукции (26)	0,16	0,71	1,42	1,05	0,95	4,29
Печатной продукции (27) . . .	0,01	0,26	1,13	1,13	0,66	3,19
Химических продуктов (28) . .	11,60	75,07	75,33	15,73	9,86	187,59
Продукции нефтепереработки (29)	0,19	26,83	77,56	3,01	3,00	110,59
Резины (30)	1,07	1,58	3,12	2,33	0,94	9,04
Кожи (31)	0,05	0,23	0,19	0,20	0,13	0,80
Строительных материалов (32)	8,39	4,52	25,07	3,59	5,29	46,86
Первичных металлов (33) . .	95,01	15,07	46,23	19,31	—2,74	172,88
Стали (33)	91,20	9,56	21,84	1,82	—3,32	123,17
Алюминия (33)	2,42	3,87	8,27	7,92	0	22,48
Других металлов (33)	0,40	1,40	7,50	3,18	2,19	14,67

Продолжение табл. 1.5

Производство и его номер по ценам	Вид топлива					
	уголь	нефть	природный газ	электроэнер- гия	прочие виды энергии	всего
Машиностроительной продук- ции (35)	0,72	1,21	5,91	3,27	1,89	13,00
Электромашиностроительной продукции (36)	0,48	0,77	3,49	3,03	1,12	8,88
Транспортного оборудования (37)	1,71	1,46	5,19	3,50	1,48	13,34
Другого оборудования (38) . .	—	0,46	0,57	0,56	0,23	1,82
Других продуктов (39)	0,03	0,31	0,68	0,48	0,32	1,82
Всего	131,12	159,12	291,92	75,31	66,34	723,81

ствует весьма значительная зависимость этих производств от тех или иных видов энергии. Приблизительно $\frac{3}{4}$ потребности в энергии, используемой в черной металлургии, покрывается углем. В то же время нефтеперерабатывающая промышленность расходует мало угля, но в значительной степени зависит от вырабатываемых побочно отходящих технологических газов и природного газа. Отрасли, производящие первичные металлы, кроме стали и алюминия, зависят от природного газа, которым покрывается больше половины их потребности в энергии. Это же характерно и для энергообеспечения пищевой промышленности, промышленности строительных материалов, а также газовой промышленности. Из всех основных отраслей промышленности в наименьшей степени зависит от природного газа целлюлозно-бумажная, которая обеспечивается главным образом мазутом. Вместе с тем довольно существенная часть потребности этой отрасли промышленности покрывается топливом, получаемым при переработке древесины (остаточных растворов пульпы, покоробившейся древесины и коры). В химической промышленности доминирующими видами топлива являются природный газ, ожиженный нефтяной газ, тяжелые жидкие и исходные продукты нефтепереработки. Алюминиевая промышленность и многие остальные мелкие отрасли промышленности базируются на поставках природного газа и электрической энергии. Все вышесказанное свидетельствует о том, что удовлетворение потребности сектора промышленности в топливе является очень сложной проблемой, которую нельзя решить простыми способами.

Расход энергии по технологическим процессам

Чтобы лучше понять особенности схем расхода энергии в секторе промышленности, важно выяснить, с какой целью применяется энергия в том или ином производственном процессе в промышленности. Промышленные потребители энергии можно в целом классифицировать по следующим основным типам:

1. Кондиционирование воздуха в помещениях, когда топливо сжигается непосредственно в помещениях для кондиционирования воздуха (т. е. не сжигается под котлами центрального отопления);
2. Сжигание топлива под котлами с дальнейшей классификацией на энергию, используемую для центрального отопления с кондиционированием воздуха, и технологическую энергию в зависимости от того, как используется пар, вырабатываемый в котлоагрегатах.

3. Непосредственная выработка технологического тепла в обжиговых или сушильных печах, нагревательных печах и т. д., исключая энергию, расходующую для выработки пара в котлах.

4. Использование энергетической продукции в качестве исходного сырья, в результате чего топливо используется как компонент осуществления технологического процесса.

5. Освещение.

6. Механический привод — энергия используется в двигателях, обслуживающих дробилки, шлифовальные станки, поточные линии и т. д.

В табл. 1.6 приводятся данные об основных направлениях расхода энергии в секторе обрабатывающей промышленности и используемых при этом количествах

Т а б л и ц а 1.6

Основные направления расхода энергии в секторе обрабатывающей промышленности по видам топлива и энергии в 1974 г., млн. т у. т.

Вид топлива и энергии	Технологический пар	Непосредственная выработка тепла	Косвенный нагрев (не через пар)	Механический привод	Внутренняя выработка электроэнергии	Электролиз	Исходное сырье	Прочие направления, точно не указанные	Итого
Уголь	19,6	8,6	0	0	8,2	0	0	9,5	131,1
Нефть	25,4	15,3	25,6	1,7	4,1	0	67,8	18,6	151,9
Природный газ	71,1	62,2	72,3	4,9	15,5	0	17,1	57,0	291,9
Электроэнергия	0	2,3	1,4	29,1	—10,5	13,5	0	36,5	75,3
Другие виды энергии	36,2	2,4	0,9	0,4	0,8	0,5	54,7	33,7	66,3
Всего	152,3	90,8	100,2	38,1	18,1	14,0	139,6	155,3	716,5

ствах топлива и энергии по видам. Наиболее важными видами топлива, используемыми для непосредственной выработки технологического тепла в производственных условиях, являются природный газ, другие виды газообразного топлива и остаточный мазут. Природный газ, мазут, уголь и другие виды энергии (например, вторичные энергетические ресурсы) составили значительную долю из 150 млн. т у. т. энергии, израсходованной для выработки технологического пара в 1974 г. Свыше 90 % количества сжиженного нефтяного газа, израсходованного сектором обрабатывающей промышленности, составляло исходное сырье. Другими важными видами сырья являлись кокс, природный газ и тяжелые фракции нефти.

Промышленное производство и использование энергии

Все основные промышленные фирмы уже добились за последние два десятилетия общего снижения удельного расхода энергии в расчете на единицу объемов производства. Совет Национальной промышленной конференции сообщает, что расход энергии на единицу объема произведенной продукции снижался за период с 1954 по 1967 г. при среднегодовом темпе снижения 1,6 % [5]. Совет указывает, что в то время, как общий объем производства возрос на 87 %, общий расход энергии возрос только на 53 %. Р. У. Барнес, который осуществил анализ за период с 1947 по 1973 г., сообщает также, что объем промышленного производства

увеличился за 26 лет более чем на 150 % [6]. Рост промышленного расхода энергии был меньше 100 %, даже несмотря на то, что в течение большей части этого времени действительная цена промышленной энергии по сравнению с другими факторами производства снижалась. Продолжая дальше этот анализ, он обнаружил, что для всей промышленности США удельный расход энергии на единицу прироста объема производства снижался при годовом темпе 1,3 % с 1947 г., а для ведущих шести отраслей промышленности расход энергии ежегодно снижался приблизительно на 1,5 % в расчете на единицу прироста объема производства. Таким образом, мы можем видеть, что за это время достигнут весьма существенный объем энергосбережения, несмотря на снижение действительной цены энергии. Промышленность пока не была чрезмерно расточительной, применяя эту «дешевую» энергию.

Основным методом снижения затрат энергии на единицу объема производства является замена капиталосберегающей технологии на энергосберегающую. Происходит также определенный сдвиг в промышленности от группы энергоемких к менее энергоемким отраслям. Первые из упомянутых отраслей являются преимущественно производителями основных материалов, в связи с чем этот сдвиг является частью долгосрочного исторического процесса развития в направлении все более значительного усложнения изготовления готовой продукции, и это уже само по себе способствовало снижению энергоемкости произведенной продукции по всему технологическому циклу.

Одним из факторов, который необходимо серьезно учитывать при любом определении количества энергии, используемой в промышленности, является то, что удельный расход энергии на единицу объема производства меняется циклически. Если коэффициент использования производственных мощностей является низким, удельный расход энергии на единицу объема производства будет высоким. В свою очередь, когда коэффициент использования производственных мощностей бывает очень высоким, удельный расход энергии на единицу объема производства обычно также высок. Имеется оптимальный уровень, при котором минимизируется удельный расход энергии на единицу объема производства. Таким образом, если игнорировать циклический характер изменения удельного расхода энергии, то могут быть легко сделаны ошибочные выводы в отношении объемов энергопотребления.

Еще одним важным фактором при определении расхода энергии на единицу объема производства в промышленности является ассортимент выпускаемой продукции. Удельный расход энергии может расти или снижаться в зависимости от того, насколько важное место в ассортименте выпускаемой продукции занимает энергоемкая продукция. Рост цен на энергию может, но не во всех случаях, приводить к изменению ассортимента в направлении увеличения доли менее энергоемкой продукции. В целом имеется уверенность, что последние резкие увеличения цен на энергию,

а также ожидаемые в настоящее время перерывы в поставках энергии в результате ускорения осуществления мер по экономии энергии в производстве.

Зачем нужно энергосбережение?

Более половины энергии, расходуемой в настоящее время в США, теряется. Недавняя быстрая эскалация цен на топливо, нестабильность поставок и предполагаемые ограничения в будущем заставили сконцентрировать внимание на необходимости полного пересмотра отношения к потреблению топлива и энергии с особым акцентом на энергосбережение. Энергосбережение в том значении, как оно применяется в данном случае, означает сокращение потерь и повышение коэффициента использования энергии. Сбережение не следует путать с сокращением расхода.

Энергосбережение позволит растянуть на более продолжительное время ограниченные запасы высококачественных видов топлива, находящихся в земле. Оно также позволит зарезервировать часть запасов ископаемого топлива для неэнергетических нужд: производства лекарств, смазочных и других материалов. Проблема заключается в том, что мы, вероятно, встретимся с продолжительным дефицитом топлива и электроэнергии, если только в будущем не будут открыты новые источники энергии. Часть этого дефицита энергии должна компенсироваться мероприятиями по энергосбережению, ибо в противном случае можно ожидать весьма существенных или даже катастрофических изменений в запасах сырья и материалов некоторых фирм и организаций.

Кроме того, в докладе Центрального разведывательного управления США уже указывалось, что при отсутствии все более значительных мер по энергосбережению прогнозируемый мировой спрос на нефть будет приближаться уже в начале 1980 г. к максимуму производственных возможностей по ее добыче и довольно существенно превысит эти возможности к 1985 г. Таким образом, возможности стран, импортирующих нефть, получить ее в достаточных количествах будут подвергаться серьезной опасности. В докладе указывается также, что цены будут резко возрастать по мере ужесточения ограничений на имеющиеся ресурсы [7].

Наш образ жизни сулит большие возможности для энергосбережения. Расходная часть энергетического баланса США может быть постепенно сокращена в значительных размерах без изменения уровня жизни в стране. Некоторые специалисты уже указывали, что значительная часть потребности США в энергии в последующую четверть века может удовлетворяться просто путем улучшения эффективности использования энергии у существующих потребителей. Это необходимо еще доказать, но уже сейчас можно заявить с уверенностью, что одна тонна сэкономленной нефти имеет большую ценность, чем одна тонна вновь добытой нефти.

Потенциальные возможности энергосбережения в промышленности

Если мы будем рассматривать промышленное предприятие как систему (рис. 1.7), то сможем установить, что, с одной стороны, имеются затраты энергии, сырья и труда, а с другой — выпуск продукции, выход вторичных энергоресурсов и материалов. Чтобы максимизировать прибыли, тот или иной руководитель пытается обеспечить по возможности наиболее низкие издержки, связанные с затратами на производство.

В прошлом во многих случаях в связи с тем, что стоимость энергии была низкой по сравнению с другими затратами, ее игнорировали. Однако сейчас в условиях постепенно увеличивающихся цен на энергию энергетическим затратам следует уделять больше внимания. Экономить энергию можно или путем усовершенствования процесса превращения энергии утилизации вторичных энергетических ресурсов, или путем повторного использования вторичных мате-

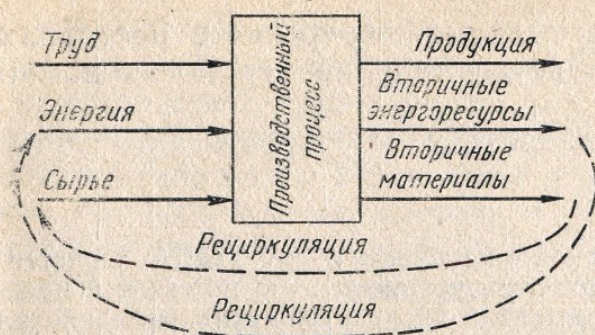


Рис. 1.7. Система промышленного производства

риалов. Большие возможности имеются в таком использовании технологии, чтобы она обеспечила достижение значительной экономии. Но для того чтобы определить эти области возможной экономии, должны быть получены ответы на два основных вопроса:

1. Какие имеются области деятельности, в которых могут предусматриваться большие потенциальные возможности для улучшения использования энергии?

2. Какие специальные меры или альтернативные решения для этих областей деятельности могут привести к улучшению и более эффективному использованию энергии?

Для производства любого данного ассортимента продукции требуется определенный минимум расхода энергии, зависящий от влияния таких основных факторов, как качество выбранного сырья, принятая технология производства и уровень производства, который намечено обеспечить. За пределами этого порогового значения необходимо экономически сбалансировать дополнительные издержки, вызываемые использованием более энергетически эффективных оборудования или технологических процессов и стоимостью энергии, которая может быть сэкономлена в результате их применения. В период дешевых, легкодоступных энергетических ресурсов и относительно неограниченных источников охлаждающей воды экономия энергии и энергосбережение не обязательно должны были быть синонимичными или даже сходными. Несмотря на то, что некоторые более энергоемкие промышленные потребители, включая химическую, целлюлозно-бумажную и нефтеперерабатывающую промышленность, уже давно установили, что вполне конкурентоспособно предусматривать энергосбережение, имеется большое число примеров вплоть до последнего времени, когда экономия, которая может быть достигнута при применении того или иного энергосберегающего оборудования не компенсировала затраты на установку этого оборудования. Однако в настоящее время — время неопределенности с поставками энергии и быстро растущих цен на топливо энергосбережение должно стать не только достижением отдельных корпораций, но и общегосударственным делом.

Много различных факторов влияют на использование энергии для тех или иных вариантов конечного потребления. Среди этих факторов наиболее важными являются: капитальные затраты и затраты на топливо; издержки производства и издержки на техническое обслуживание и текущий ремонт; технология производства; надежность оборудования; наличие ресурсов топлива; затраты труда; необходимые производственные площади; социальные факторы (охрана окружающей среды, техника безопасности и т. д.).

Чтобы установить, имеется ли возможность значительно сократить нашу потребность в топливе путем улучшения коэффициента использования топлива, необходимо изучать процессы, которые в наибольшей степени определяют расход топлива, и коэффициент использования топлива в этих процессах.

Оценки потенциала энергосбережения в секторе промышленности могут быть отнесены в лучшем случае к весьма деликатным операциям. Несмотря на то, что мы знаем, сколько энергии расходуется различными видами технологических процессов, трудно определить, какое количество энергии можно было бы сэкономить при использовании энергосберегающих конструкций оборудования для осуществления этих промышленных процессов. Еще более важно то, что мы не располагаем средствами прогнозирования способности промышленности осуще-

ствлять программы энергосбережения в добровольном или принудительном порядке.

Вследствие низкой стоимости энергии (составляющей только от 3 до 5 % цен фирм изготовителей продукции) предполагают, что промышленность просто и не старается эффективно использовать энергию в ее производственных процессах. Доктор М. Финнистер, представитель фирмы «Бритиш стил» заявил, что менее 50 % всей энергии, расходуемой во всем мире, используется эффективно, а остальную часть составляют потери энергии при превращениях, на тепловое излучение, с охлаждающей водой и пр. Около 55 % энергии, используемой в черной металлургии, расходуется эффективно. Это означает, что теряются 45 % энергии. Электроэнергетика использует около 30 % энергии, содержащейся в ископаемом топливе, в связи с чем теряется почти 70 % этой энергии. На транспорте положение обстоит даже хуже: только 25 % поступающей этому потребителю энергии расходуется эффективно, в то время как 75 % теряются. В других отраслях промышленности, в которых энергия используется не в первичной, а во вторичной форме, для приведения в действие машинного оборудования достигаются лучшие показатели, и по оценкам коэффициент использования энергии в них составляет 75 % [8].

Ч. Берг указывает, что не будет необоснованным предположение о возможности достижения экономии энергии около 30 % в результате внедрения современных энергосберегающих технологических процессов в промышленную практику [9]. Эффективность, с которой энергия используется в промышленности, колеблется в широких пределах в зависимости от особенностей той или иной отрасли и мощности установки. Он также заявляет, что изобретение более эффективного оборудования и более эффективных технологических процессов (например, в производстве цемента, нефтепереработке, химической технологии) и особенно внедрение методологии, способствующей использованию вторичных энергоресурсов на предприятиях, может способствовать достижению дополнительной экономии энергии в промышленности сверх полученных оценкой 30 %.

Подготовлен ряд перспективных оценок нашего потенциала энергосбережения. Нефтехимическая энергетическая группа, представляющая собой консорциум фирм, действующих в этой области, подсчитала, что нефтехимическая промышленность в целом может уменьшить существующий уровень удельного расхода топлива на единицу объема производства, вероятно, на 7—12 %, и добиться в дальнейшем еще большей экономии (5—10 %), возможной в долгосрочной перспективе в результате разработки более эффективных процессов и установки нового оборудования. Однако фактические снижения расхода, достигнутые тремя более крупными фирмами («Дюпон», «Доу» и «Юнион Карбайд»), превысили эти расчетные пределы.

Определено, что в перспективе снижение потребности промышленности составит 19 % к 1980 г. и 30 % к 1990 г. [10]. Д. Фримэн предположил в своем сценарии технического уровня (табл. 1.7), что в секторе промышленности имеются значительные потенциальные возможности для экономии энергии. Прогнозируемая экономия в 1985 г. должна составить 367 млн. т у. т., а в 2000 г. она может достигнуть 1060 млн. т у. т.

Э. Гифтопулос с сотрудниками установил в исследовании энергетической программы для фонда Форда, что с учетом существующей технологии имеется возможность уменьшить на одну треть удельный расход топлива в черной металлургии, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, производстве алюминия, меди и цемента [11]. Он указывает, что если это было бы реализовано, такое уменьшение расхода в основном покрыло бы дополнительную потребность в топливе, связанную с ростом промышленности, который прогнозировался на оставшиеся годы текущего десятилетия. В табл. 1.8 даны итоговые значения удельных расходов топлива и удельной экономии топлива, которые могут быть достигнуты в каждой из шести отраслей промышленности при условии широкого распространения наилучшей технологии, которая существует в настоящее время как в США, так и в других странах. Кроме того, в табл. 1.8 обобщаются данные суммарного расхода топлива и экономии топлива, которые могут быть достигнуты в шести отраслях промышленности, если бы объемы производства были равны аналогичным объемам 1968 г. Следует при-