

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР
НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ

КОМИТЕТ ПО СИСТЕМНОМУ
АНАЛИЗУ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ
АН СССР

ЭНЕРГЕТИКА ТОПЛИВО

ДОСТИЖЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ



3
МОСКВА
1981

ЭНЕРГЕТИКА. ТОПЛИВО, № 3

Достижения и перспективы

Выпуск 14, 1981

Ответственный за выпуск О.В. Калинина

Технический редактор В.А. Зыкова

Корректоры: М.Ф. Иванова, Л.Г. Короткова, Л.А. Кузнецова

Изд. № 197 В печать 29.4.81.

Объем 18,87 уч.-изд.л.

Тираж 1150 экз. Цена 3 р. 50 к.

Заказ № 81

Международный центр научной и технической информации
125252, Москва, ул. Куусинена, 21б

Энергетика.

Топливо

№ 3

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Выпуск 14

1981

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН — ЧЛЕНОВ СЭВ	3
В.С. А р а к е л о в, Ю.М. П е р е п е л к и н, Ю.А. Т ю р и н. Научно-техническое сотрудничество стран — членов СЭВ в области экономии топлива и энергии	3
НАУЧНЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	12
М.А. С т ы р и к о в и ч, Ю.В. С и н я к, С.Я. Ч е р н а в с к и й. Дальние перспективы развития мировой энергетики.	12
В. Х е ф е л е. Стратегии развития мировой энергетики	26
С.Б. Ш л и х т е р, Э.Б. Ш л и х т е р. Анализ изменений энергоемкости грузового и пассажирского транспорта и оценка некоторых мероприятий по экономии энергии.	50
Р.А. Х а ч а т у р я н, А.Г. Х о ш т а р и я, Р.Д. А р в е л а д з е, О.Л. К о н д а х и ш в и л и. Прогнозирование развития теплонасосных установок для теплохладоснабжения коммунально-бытового хозяйства	61
Ю.Д. К о н о н о в. Состояние и тенденции исследований взаимосвязей энергетики и экономики за рубежом.	74
П.С. Б э й с и л, А.А. П а п и н. Долгосрочные проблемы покрытия мировой потребности в жидком топливе	80
М. Г р е н о н, И. З и м и н, С. М ё д о в. Работы по моделированию энергетических ресурсов в Международном институте прикладного системного анализа (ИИАСА)	89

В.Д. Наливкин, М.Д. Белонин, В.С. Лазарев, Г.П. Сверчков. Методология прогноза запасов нефти и газа.	96
И. И м р а м о в с к и. Возможности и экономика использования ресурсов энергетического минерального сырья в развивающихся странах. . . .	102
СООБЩЕНИЯ. ИНФОРМАЦИЯ.	110
Обзоры, новости, информация.	110
Аннотации, рефераты, рецензии.	129
Публикации.	152
Информация о международных симпозиумах, конференциях, конгрессах и выставках.	155

ВОПРОСЫ СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН – ЧЛЕНОВ СЭВ

Кандидаты технических наук В.С. Аракелов,
Ю.М. Перепелкин (СССР),
Ю.А. Тюрин (Секретариат СЭВ)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО СТРАН – ЧЛЕНОВ СЭВ В ОБЛАСТИ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА И ЭНЕРГИИ

Обострение проблем топливно- и энергоснабжения, а также прогнозирование дальнейшего спроса на энергию привели к необходимости разработки комплекса мер по повышению эффективности использования природных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), по снижению их потерь, вытеснению наиболее дефицитного жидкого топлива из топливно-энергетического баланса (ТЭБ) и замене его, где это возможно и целесообразно, другими видами энергоносителей.

Согласно оценкам Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН за последние 10 лет потребление первичной энергии в мире увеличилось примерно на 50% и составило на уровне 1975 г. 8600 млн. т условного топлива (у.т.). Структура потребления первичных топливно-энергетических ресурсов в 1975 г. представлена в табл. 1.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, энергия, топливо, использование, потребление, экономия, эффективность, страны – члены СЭВ, научно-техническое сотрудничество

Т а б л и ц а 1

Потребление первичных энергоресурсов в мире

Энергоресурсы	Количество	
	млн. т у.т.	%
Уголь	2634	30,7
Нефть	4040	47,1
Природный газ	1690	19,7
Гидроэнергия, атомная и др.	210	2,5
Итого	8574	100

2/3 общего энергопотребления приходилось до последнего времени на нефть и природный газ, доля угля имела тенденцию к сокращению, а доля гидроэнергии и атомной энергии оставалась невысокой.

Анализ ТЭБ показывает, что коэффициент полезного использования ТЭР составляет сейчас только 32–48% и таким образом общие потери могут быть оценены в 52–68%.

С физической точки зрения эффективность использования энергии определяется в результате сопоставления полезно использованной энергии и ее фактических затрат (табл. 2). Согласно первому закону термодинамики вся энергия сохраняется – она никогда не исчезает. Однако согласно второму закону термодинамики потеря энергии возможна, поскольку, хотя энергия не может исчезнуть, она может быть рассеяна так, что станет невозможным ее дальнейшее использование для выполнения работы. Таким образом, для полного определения эффективности использования энергии с физической точки зрения следует принимать во внимание не только количество затраченной энергии, то также и ее качество.

Т а б л и ц а 2

**Эффективность
использования энергии
(по данным ЕЭК)**

Этапы "потока энергии"	Уровни, достигнутые в начале 70-х годов, %	Уровни, которые могут быть достигнуты в начале 90-х годов, %
1. Добыча	46	59–71
2. Обогащение и преобразование	78	70*–76
3. Транспортировка, распределение, хранение	98	96*–98
4. Использование	42	51–55
5. Всего по этапам 2–4	32	34–41
6. Всего по этапам 1–4	15	20–30

* Снижение объясняется расширением использования электроэнергии, эффективность преобразования и передачи которой ниже эффективности непосредственного применения топлива.

С точки зрения потребления (или производительности) эффективность использования энергии определяется удельными затратами энергии на производство услуг (продукции) независимо от того, могут ли эти услуги быть выражены в энергии.

Для различных этапов "потока энергии" – "добыча – обогащение и преобразование – транспортировка, распределение и хранение – использование" – эффективность определяется:

– при добыче – сравнением фактического количества энергии, полученной из конкретных запасов, с количеством энергии, имеющимся в этих запасах;

– при преобразовании – сравнением количества энергии, полученной в результате преобразования форм энергии, с количеством энергии, введенной в процесс преобразования (переработка нефти, сжигание газа, производство электроэнергии);

– при транспортировке и распределении – сравнением количества энергии, фактически доставленной конечным потребителям, с энергией, направленной производителями;

– при использовании – отношением определенного критерия уровня услуг, полученных в результате использования энергии, к подведенной энергии, то есть измерением эффективности альтернативных путей производства услуг, для которых требуется энергия, вместо того чтобы измерять само использование энергии. Или, что то же самое, оцениваются различные виды технологии с точки зрения их энергетической эффективности – необходимой энергии для заданного уровня работ.

Понятие экономии энергии определяется как абсолютное сокращение использования энергии, необходимой для заданного уровня работы (услуг, производства продукции) (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что эффективность расходования энергии от получения до ее конечного использования составляет в настоящее время около 15%, а 86% энергии первичных источников "теряется". Если исключить этап добычи, то эффективность составит 32%. Потери необязательно означают наличие небрежного подхода к использованию энергии, хотя он и имеет место. Добыча и конечное использование энергии являются самыми "неэффективными" этапами, на их долю приходится 86% всех потерь (табл. 3).

Как видно, на различных стадиях "потока энергии" и в целом потери значительны. В то же время увеличиваются потребности стран – членов СЭВ в топливе и энергии при возрастающих трудностях в их обеспечении. В связи с этим резко усиливается необходимость принятия принципиально новых подходов к решению задач по сохранению энергии и повышению эффективности ее использования. Поэтому в настоящее время в странах – членах СЭВ на первый план выдвинута задача разработки и реализации высокоперспективных крупномасштабных общегосударственных программ, отличающихся комплексным подходом и долгосрочным характером достижения поставленных конечных целей, а также развития и совершенствования внешнеэкономических связей стран – членов СЭВ в области экономии и повышения эффективности использования энергии. Хотя опыт таких связей в этой специфической сфере межгосударственного экономического сотрудничества сравнительно невелик, однако многие факты говорят о больших перспективах, которые открываются в результате их налаживания и расширения.

Во-первых, задача экономии энергии стоит перед всеми без исключения странами. Значение снижения удельных энергозатрат особенно возросло на современном этапе в связи с обострением проблем топливо- и энергоснабжения. Судя по всему, эта проблема сохранит свою актуальность на длительное время.

Во-вторых, поскольку экономия энергии охватывает все без исключения звенья национальных хо-

**Распределение потерь топлива и энергии
(по данным ЕЭК)**

Потери	Общие потери, %	Потери при исполь- зовании, %	Потери при исполь- зовании в промыш- ленности, %
Потери при добыче	59	—	—
Потери при использовании:	27	100	100
в том числе:			
в черной металлургии	5	20	36,4
в химической промышленности, нефтехимии и нефтепереработке	3	11	20,4
при производстве алюминия	0,4	1	1,8
в прочих отраслях промышленности	6	23	41,8
на транспорте	3	9	—
в коммунально-бытовом хозяйстве	9	33	—
в сельском хозяйстве	0,6	3	—
Потери при обогащении и преобразовании	13	—	—
Потери при транспортировке, распределе- нии и хранении	1	—	—

зяйств, мероприятия по ее интенсификации становятся важной составной частью любых инвестиционных, научно-технических и социальных программ, осуществляемых как на общегосударственном, так и на локальном уровне, вплоть до отдельных предприятий или жилых зданий.

В-третьих, одни и те же вопросы в разных странах часто решаются разнообразными способами. Несомненно, наблюдающееся многообразие иногда оправданно, будучи отражением неповторимых национальных особенностей, обусловленных историей, масштабами и структурой экономики, типами расселения, сложившимися привычками и т.д. Однако многие подходы, методы имеют универсальный характер, и их нескоординированный поиск и внедрение, одновременно осуществляемые в целом ряде государств, в современных условиях неоправданны, снижают эффективность функционирования энергетического хозяйства. В каждой из стран накоплен ценный опыт, который почти без изменения можно применять в других странах.

Страны — члены СЭВ придают большое значение проведению высокоэффективной энергосберегающей политики. Конкретным отражением этого является включение в Долгосрочную целевую программу сотрудничества (ДЦПС) по обеспечению экономически обоснованных потребностей стран — членов СЭВ в основных видах энергии, топлива и сырья на период до 1990 г. (одобрена на XXXII заседании Сессии СЭВ, 1978 г.) комплекса мероприятий по сотрудничеству в области экономного и рационального использования энергии, топлива и сырья.

Мероприятия сотрудничества в этой области ориентированы на решение важных экономических и научно-технических задач, а именно:

— совершенствование действующих и создание новых прогрессивных технологических процессов и оборудования для энергоемких производств, транспорта, коммунально-бытового хозяйства и др.;

— расширение использования электроэнергии с целью замены высококачественных видов топлива (кокса, мазута, природного газа);

— более полное использование вторичных энергетических ресурсов промышленных предприятий;

— экономия топлива при генерировании электроэнергии и производстве тепла, а также снижение потерь электроэнергии в сетях.

Решающий вклад в реализацию высокоэффективной энергосберегающей политики внесет включение в широкую народнохозяйственную практику перспективных научно-технических решений. С этой целью в органах СЭВ организовано широкое научно-техническое сотрудничество по проблеме "Разработка предложений по совершенствованию действующих и созданию новых прогрессивных технологических процессов и оборудования для энергоемких производств, транспорта, коммунально-бытового хозяйства и др., а также разработка и внедрение менее энергоемких технологических процессов и повышение коэффициента полезного действия энергоиспользующих установок".

Организация научно-технического сотрудничества по данной проблеме на период 1981—1990 гг. велась на основе комплексного подхода по согласованной методологии по двум линиям: по межотраслевой тематике в рамках Комитета СЭВ по научно-техническому сотрудничеству и по отраслевой тематике — в рамках Постоянных Комиссий (ПК) СЭВ по химической промышленности, цветной металлур-

гии, черной металлургии, транспорту, строительству, сельскому хозяйству, пищевой промышленности.

В рамках Комитета СЭВ по научно-техническому сотрудничеству были разработаны Соглашение о научно-техническом сотрудничестве и программа, включающая темы межотраслевого характера.

Тема 1. Разработка новых и усовершенствование существующих методов и технических решений по рациональному использованию топлива и энергии в печах, котлах, сушилах и теплообменных аппаратах.

Тема 2. Разработка рекомендаций по совершенствованию систем контроля и управления энергопотреблением в технологических процессах (установках), цехах и промышленных предприятиях.

Тема 3. Разработка единых для заинтересованных стран — членов СЭВ нормативов расхода энергии для энергоемких установок в качестве стандартов СЭВ.

Тема 4. Разработка научно обоснованных эффективных методов и рекомендаций по использованию сбросного тепла тепловых и атомных электростанций, а также вторичных (побочных) энергетических ресурсов промышленных предприятий, в том числе для централизованного теплоснабжения населенных пунктов и отопления теплиц.

Указанная межотраслевая программа является приложением к Соглашению, в ее реализации будут участвовать НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. Соглашение по данной проблеме было подписано представителями этих стран в феврале 1981 г.

Для согласования вопросов, связанных с выполнением настоящего Соглашения и программы, Договаривающиеся Стороны создали руководящий орган — Совет уполномоченных.

Функции координатора по разработке и осуществлению программы были возложены на Всесоюзный государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по промышленной энергетике и рациональному использованию в промышленности топлива, электрической и тепловой энергии и вторичных энергетических ресурсов (ВНИПИэнергопром), Москва.

Ниже даны некоторые технико-экономические предпосылки, обосновывающие целесообразность реализации избранной тематики в рамках этой межотраслевой программы.

1. Большое разнообразие энергопотребляющего (печей, сушил), энергопреобразующего (котлов-утилизаторов) оборудования или отдельных его узлов (топок, горелок), используемых в различных отраслях промышленности, определяет целесообразность межотраслевого подхода к его совершенствованию.

Известно, что в промышленных печах и сушилах используются различные энергоносители (жидкое и газообразное топливо, электроэнергия, пар), различные способы теплообмена (радиационный, конвективный, кондуктивный и т.д.). Для тепловой обработки одного и того же материала приме-

няются печи с различными способами организации теплообмена, не равнозначные с точки зрения эффективности использования ТЭР. Так, для нагрева и термообработки металлических изделий используются как электрические, так и газовые печи, печи кипящего слоя и т.д. Поэтому весьма актуальным вопросом является разработка рекомендаций по использованию наиболее эффективных способов теплообмена для группы оборудования, применяемого в различных отраслях промышленности.

Одним из эффективных способов организации процессов горения является сжигание топлива в циклонных устройствах. Использование циклонов позволяет уменьшить удельные расходы топлива, повысить надежность и снизить материалоемкость технологических систем, в состав которых входят циклонные устройства, и одновременно снизить вредное воздействие на окружающую среду. Поэтому в рамках первой темы предусматривается создание серии малогабаритных высокоформированных циклонных топок для реализации бескоррозионного режима работы при низких коэффициентах избытка воздуха, повышение надежности установок, значительное снижение концентраций окислов азота в продуктах горения.

Проведенный комплекс научно-исследовательских работ позволяет приступить к созданию серии высокофорсированных циклонных топок для сжигания серы производительностью до 500—1000 т в сутки для химических, целлюлозно-бумажных и других предприятий. Конструктивное объединение котлов с циклонными топками позволяет создать компактные энергетически эффективные энерготехнологические агрегаты. При этом ожидается экономия тепловой энергии до 10%, снижение вредных выбросов в 10 раз и снижение капитальных вложений в 1,5 раза.

В сушильных установках использование малогабаритных циклонных топок (вместо камерных) позволит снизить удельные расходы топлива, повысить надежность, снизить капиталовложения, маневренность и значительно (в 5—6 раз) уменьшить вредные выбросы в атмосферу.

Аналогичные конструкции топок могут найти применение в качестве высокоэффективных теплогенераторов для различных технологических установок.

В технологических процессах различных производств (отопление прессов в производстве фанеры, древесностружечных плит, мебели, процессов вулканизации в резиновой промышленности, оборудования для полимеризации; подогрев воздуха в сушильных рамах текстильной промышленности, обезжиривание металла и т.д.) возникает потребность в теплоносителях с температурой от 200 до 600°C при условиях высокой равномерности и точности регулирования ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Использование в перечисленных процессах высокотемпературных теплоносителей обеспечивает

указанные условия и позволяет получить экономичные отопительные системы, отвечающие требованиям техники безопасности и удобству эксплуатации.

В качестве высокотемпературных теплоносителей могут использоваться органические вещества (до 400°C), соли (до 600°C), металлы (до 1000°C). Эти теплоносители могут быть нагреты до указанных температур без изменения агрегатного состояния.

В настоящее время в СССР созданы и нашли применение в системах обогрева аппаратов в химической и других отраслях промышленности стационарные и передвижные теплогенераторы (котлы) для нагрева высокотемпературных теплоносителей с температурой до 450°C и теплопроизводительностью до $1,6$ Гкал/ч. Внедрение систем обогрева с помощью ВТ позволяет получить экономию энергоресурсов более 6 млн. кВт·ч/год на одну Гкал переданного тепла.

Одним из средств повышения эффективности использования топлива в технологических процессах является разработка технических решений по регенерации тепла путем применения эффективных конструкций теплообменников.

В настоящее время на одном из заводов стекловолокна за опытно-промышленной печью прямого нагрева одностадийного производства стекловолокна проходят испытания элементы системы глубокой регенерации тепла отходящих газов: двухступенчатый воздушный рекуператор, газовый подогреватель и реактор-теплообменник паровой конверсии природного газа. Удельный расход природного газа на единицу сваренной стекломассы при совместной работе указанных аппаратов до $1,5$ раз ниже, чем при одном регенеративном подогреве воздуха до 750°C и примерно в 3 раза ниже, чем без регенерации тепла отходящих газов.

Дальнейшее повышение температур нагрева воздуха возможно в воздухоподогревателях вихревого типа. Эти аппараты позволят организовать надежный подогрев воздушного дутья за счет тепла отходящих газов, содержащих большое количество уносов в твердой, жидкой и паровой фазах непосредственно на выходе из высокотемпературной технологической камеры.

Разработка технических решений по регенерации тепла путем применения теплообменников, позволяющих снизить удельные расходы топлива на 10 – 15% , является одним из заданий первой темы проблемы. Задание предусматривает разработку теплообменников в широком диапазоне температур (от 60 до 800°C). Так, например, предусматривается разработка рекуперативных и регенеративных воздухоподогревателей для промышленных печей, пластинчатых теплообменников для предельных температур 300 – 400°C , низкотемпературных теплообменников воздух/воздух и жидкость/жидкость с вредными примесями; теплообменников с оребренными трубами для температур 600 – 700°C ;

предусматриваются также работы по совершенствованию работы теплообменного оборудования в системах оборотного водоснабжения.

Помимо работ по созданию эффективных конструкций теплообменников будут разработаны рекомендации по их оптимальному выбору в различных схемах утилизации тепла.

В условиях постоянно нарастающего дефицита высококачественных видов твердого и газообразного топлива предполагается увеличение использования низкокачественных видов топлива и топливных отходов с повышенной зольностью и высоким содержанием серы и влаги. Использование таких видов топлива в условиях повышенных требований к защите окружающей среды требует изучения принципиально новых методов их сжигания. Один из них — сжигание в кипящем слое. Изучение возможностей создания котлов кипящего слоя сопряжено с решением таких научно-технических задач, как выбор и создание надежной системы подготовки и раздачи топлива, выбор присадок, выбор способа растопки, уменьшение потерь с уносом из топки кипящего слоя, определение оптимальных условий для дожигания уноса, разработка надежной конструкции поверхностей нагрева в кипящем слое, создание пылезолоуловителей, работающих в зоне температур 400 – 500°C .

Эти и ряд других проблем будут решаться в рамках задания, связанного с разработкой новых методов сжигания топлив и отходов в котлах с применением кипящего слоя и созданием опытно-промышленных образцов этих котлов.

Эффективность этого задания может быть характеризована следующим. Так, например, по оценке Центрального котлотурбинного института им. Ползунова сжигание низкокачественных топлив в низкотемпературном псевдосжиженном слое (t слоя от 750 до 900°C , $\alpha=1,2$) позволит снизить выбросы окислов серы на 87 – 95% , а окислов азота — на 40 – 50% . При этом расход металла котлоагрегата уменьшается в $1,3$ – $1,5$ раза (в том числе легированного металла — в $1,7$ раза), габариты котла сокращаются в 2 раза.

2. Повышение эффективности использования топлива и энергии на промышленных предприятиях тесно связано с совершенствованием организации контроля и управления энергопотреблением. Наличие приборного учета энергопотребления по цехам и отдельным энергоемким агрегатам позволяет объективно оценить эффективность использования энергоресурсов на отдельных участках производства, обоснованно производить нормирование, распределение энергоресурсов, совершенствовать управление энергохозяйством.

Многообразие промышленных производств обуславливает необходимость разработки типовых схем учета энергоресурсов. При этом объем и точность информации, а также количество необходимых приборов определяется спецификой производства. Следует отметить, что создание типовых сис-

тем учета энергоресурсов в целом по предприятию и по отдельным энергоемким участкам связано также с внедрением автоматизированных систем управления производством, в том числе и систем управления энергохозяйством.

В рамках этой темы будет проводиться разработка рекомендаций по совершенствованию систем контроля и управления энергопотреблением в технологических процессах (установках), цехах и промышленных предприятиях. При этом будут решаться задачи создания типовых систем учета энергопотребления с централизованным выводом информации о расходе энергии в целом по предприятию и по отдельным энергоемким участкам.

На основании анализа существующих систем контроля и управления расходом энергоресурсов ряда энергоемких производств и разработанных методических материалов по экономически обоснованному объему измерений расхода топлива и энергии будут сформулированы технические требования для разработки автоматизированных информационно-измерительных систем. На основе созданных информационно-измерительных систем будут разработаны и внедрены типовые проекты организации контроля и управления энергопотреблением для ряда конкретных производств.

Экономическая эффективность от внедрения комплексных систем учета оценивается в 2% годового потребления энергии со сроком окупаемости менее одного года.

3. Эффективность использования топлива и энергии в значительной мере зависит от технического уровня энергопотребляющего оборудования, характеризуемого рядом показателей: капиталоемкостью, коэффициентом полезного действия, удельным расходом энергоресурсов и т.д.

Одной из организационных мер по повышению технического уровня эффективности использования ТЭР является стандартизация показателей для энергопотребляющего оборудования.

К настоящему моменту разработаны проекты стандартов нормативов расхода энергии для шести видов энергоемкого оборудования (дуговых печей, индукционных печей для плавки цветных, черных металлов, вагранок, установок для сушки дерева, хлебопекарных печей). Дальнейшая разработка стандартов будет проводиться в соответствии с программой работ, которая будет согласована со странами в рамках ПК СЭВ по стандартизации.

4. Одним из важных ресурсов экономии топлива в странах — членах СЭВ являются вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

По оценке, возможное использование тепловых ВЭР в отраслях промышленности стран — членов СЭВ в 1975 г. составило в переводе на основное топливо около 52 млн.т у.т., а фактическое — около 22 млн.т у.т., что соответствует фактической степени использования тепловых ВЭР около 42% и возможной экономии около 30 млн.т у.т., в том числе: НРБ — 1,1 млн.т у.т., ВНР — 660 тыс., ГДР — 2,1 млн.,

ПНР — 1,5 млн., СРР — 1,6 млн., СССР — 22,2 млн. и ЧССР — 700 тыс.т у.т.

Степень использования горючих ВЭР составляет по уровню 1975 г. 88% и соответствует возможной экономии около 6,5 млн.т у.т.

Повышение эффективности использования ВЭР связано с решением таких научно-технических задач, как разработка и внедрение систем утилизации тепла жидких шлаков, твердых и жидких продуктов, агрессивных и запыленных газовых потоков, разработка аккумуляторов энергии для циклически работающих агрегатов — источников ВЭР, повышение параметров вырабатываемого энергоносителя и надежности работы утилизационного оборудования, разработка эффективных систем использования низкопотенциальных ВЭР, в том числе абсорбционно-холодильных установок, фреоновых энергетических установок и тепловых насосов для энерготехнологических систем (сушка, выпарка); разработка схем энергоснабжения предприятий с учетом полного использования ВЭР.

Разработка научно обоснованных эффективных методов и рекомендаций по использованию сбросного тепла тепловых и атомных электростанций, а также вторичных энергетических ресурсов промышленных предприятий, в том числе для централизованного теплоснабжения населенных пунктов и отопления теплиц, будет проводиться в рамках четвертой темы проблемы.

Основным условием экономичности систем использования сбросного тепла ТЭС и АЭС является использование вместо радиаторов внутри теплицы крупных водовоздушных теплообменников, распределение тепловой энергии которых осуществляется при помощи воздуха, дувимого в теплицу. Разработка и исследование специальных конструкций таких теплообменников, а также приборов и систем автоматического регулирования теплиц является необходимыми этапами работы по созданию экспериментальных теплиц, обогреваемых сбросным теплом. С учетом результатов эксплуатации экспериментальных теплиц, обобщенных в соответствующих рекомендациях, будут разработаны проекты промышленных установок по обогреву теплиц сбросным теплом ТЭС и АЭС.

Разработка научно обоснованных методов, схем и технических решений по эффективному использованию высокопотенциальных и низкопотенциальных ВЭР промышленных предприятий включает создание установки для использования конвертерного газа при отводе без дожигания, без выравнивания расхода в газгольдере; создание системы испарительного охлаждения стен и свода руднотермических и ферросплавных электропечей; разработку и внедрение эффективных способов использования доменного и конвертерного газов для энергетических и технологических нужд в процессах черной металлургии.

В рамках соответствующих ПК СЭВ по химической промышленности, цветной металлургии, чер-

ной металлургии, транспорту, строительству, сельскому хозяйству, пищевой промышленности были подготовлены и одобрены программы научно-технического сотрудничества стран — членов СЭВ на период 1981—1985 гг. по отраслевой тематике проблемы "Разработка предложений по совершенствованию...", которые были учтены при формировании вышеуказанной межотраслевой программы.

Комплекс работ по совершенствованию наиболее энергоемких технологических процессов включен в программу научно-технического сотрудничества в области химической и целлюлозно-бумажной промышленности (одобрен на 55-м заседании ПК СЭВ по химической промышленности, ноябрь 1979 г.).

Так, например, разработка метода двухступенчатой паровоздушной конверсии природного газа под давлением 32 атм с трубчатыми реакторами в производстве аммиака позволит снизить потребление природного газа на 30—37%.

В производстве метанола снижение энергозатрат намечается получить за счет использования тепла выхлопных газов на узле реформинга, реакционных и циркуляционных газов, колонн ректификации.

Разработка и внедрение крупного агрегата производства карбамида мощностью 330—450 тыс.т/год по новым схемам позволит снизить на 40% энергетические затраты.

С целью сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов целлюлозно-бумажной промышленности предусматривается проведение комплекса работ по совершенствованию технологических процессов, в том числе повышение эффективности эксплуатации содорегенерационных котлоагрегатов, разработка топочных устройств для регенерации сульфатного щелока; рекуперация тепла в варочных цехах периодического и непрерывного действия сульфат-целлюлозных заводов; разработка эффективных конструкций теплообменных аппаратов, использование инфракрасных излучателей в мокрой части бумаго- и картоноделательных машин.

В области цветной металлургии. Научно-техническое сотрудничество по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов охватывает весь отраслевой комплекс, в том числе добычу и обогащение руд, металлургию тяжелых цветных металлов, металлургию алюминия, производство полуфабрикатов, вторичную металлургию, защиту окружающей среды.

Программа научно-технического сотрудничества одобрена на 51-м заседании ПК СЭВ по цветной металлургии в декабре 1979 г.

В области совершенствования существующих и разработки более эффективных процессов обогащения руд цветных металлов программой предусматривается создание новых конструкций многокамерных флотационных машин с меньшими расходами электроэнергии.

Дальнейшее развитие получают автогенные процессы (взвешенная, кислородно-факельная плавка и

др.) для переработки сульфидных концентратов и кислородно-электротермическая плавка для переработки медных, полиметаллических концентратов с переходом в перспективе на прямое получение черновой меди при полном использовании серы и других ценных компонентов, вторичных энергоресурсов и обеспечении охраны окружающей среды. Внедрение указанных процессов помимо улучшения технико-экономических показателей позволит в несколько раз снизить удельные расходы топлива и энергии.

Предусматриваемое программой создание высокоэкономичных методов и оборудования для безотходной гидрометаллургической переработки руд и концентратов тяжелых и цветных металлов, в том числе с использованием сорбционно-экстракционных методов, позволит обеспечить комплексное использование сырья, а также снизить затраты топлива на технологию.

Основные направления сотрудничества по развитию глиноземного и алюминиевого производства предусматривают как совершенствование существующих, так и создание новых энергетически эффективных технологий.

Дальнейшее развитие получают техника и технология производства глинозема по способу Байера. Так, разработка технологии и оборудования высокотемпературного выщелачивания боксита на основе трубчатого аппарата позволит уменьшить капиталовложения, повысить извлечение металла и снизить удельный расход тепловой энергии на 15%.

В производстве алюминия разработка усовершенствованных электролизеров с комплексной механизацией и автоматизацией, а также высокоэффективным сбором и очисткой газов позволит снизить расходы электроэнергии на 6% и расход электродных материалов на 8%.

Совершенствование техники и технологии производства алюминия электролизом криолитно-глиноземных расплавов на базе современных достижений физической химии, комплексной механизации и автоматизации процесса снизит расход электроэнергии на 100 кВт·ч/т, а расход электродов на 5%.

Значительное снижение энергетических и трудовых затрат, улучшение условий труда, расширение сырьевой базы будет достигнуто при внедрении принципиально новых способов получения алюминия и, в частности, при разработке технологии и оборудования для производства безводного хлористого алюминия из алюмосодержащего сырья и получения алюминия путем электролиза хлоридных расплавов.

Совершенствование технологических процессов в цветной металлургии неразрывно связано с разработкой новых методов и средств для защиты окружающей среды. В этой связи предусматривается разработка высокотемпературной очистки газов в фильтрах из специальных материалов, устойчивых при высоких температурах (600—900°C);

создание специальных электрических пылеуловителей для очистки газов, содержащих более 10% сернистого ангидрида до температур 700–1200°C. Создание совершенных пылеулавливающих устройств позволит помимо защиты воздушного бассейна от загрязнения промышленными выбросами повысить эффективность использования тепловых вторичных энергетических ресурсов.

В области черной металлургии. Сотрудничество проводится в направлении совершенствования существующих технологических процессов, а также разработки нетрадиционных процессов получения первичного металла.

Для снижения затрат топлива и энергии в черной металлургии имеет большое значение их экономия в доменном производстве, потребляющем с учетом предшествующих производств свыше 2/3 энергии, расходуемой в этой отрасли. Большие возможности по снижению топливно-энергетических затрат при производстве черных металлов намечается реализовать за счет широкого использования восстановительных газов в доменных печах и агрегатах прямого восстановления железа. Эти газы целесообразно производить централизованно в энергопромышленных комплексах с участием химической промышленности и топливно-энергетических отраслей путем конверсии природного газа, газификации угля или термохимического разложения воды.

Вдувание горячих восстановительных газов в доменную печь позволяет снизить расход кокса более чем на 30%.

Повышение эффективности использования топлива в доменном производстве стран — членов СЭВ будет осуществляться также за счет разработки высокотемпературных воздухонагревателей, внедрение которых позволит повысить температуру дутья на 100–300°C и снизить удельный расход кокса на 5–10%.

Снижение удельных расходов топлива и энергии в традиционных технологиях сталеплавления производства будет осуществляться по линии оптимизации режимов работы и интенсификации процесса плавки мартеновских печей.

Сотрудничество по снижению энергозатрат в прокатном производстве предполагает разработку предложений по дальнейшему внедрению непрерывной разливки стали, а также совершенствование печного оборудования и горелочных устройств.

В рамках сотрудничества предполагается также обмен опытом в области рационального использования энергоресурсов на металлургических заводах. Так, например, в период 1980–1982 гг. будет подготовлена информация о накопленном опыте по эффективным методам улавливания и использования конверторного газа для восстановления железорудного сырья; производству пара за счет вторичных энергетических ресурсов; использованию котлов-утилизаторов за мартеновскими печами емкостью 80–250 т; использованию избыточного дав-

ления доменного газа для выработки электроэнергии; применению ЭВМ для рационализации топливно-энергетических балансов металлургических предприятий и другим актуальным направлениям совершенствования металлургических производств. Вышеперечисленная тематика, входящая в отраслевую программу сотрудничества, одобрена в декабре 1979 г. ПК СЭВ по черной металлургии.

Программа сотрудничества по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов **в области транспорта** одобрена на 58-м заседании ПК СЭВ по транспорту в январе 1980 г.

В области железнодорожного транспорта программой предусматривается оптимизация технологии эксплуатации тягового подвижного состава с целью уменьшения удельного расхода топлива и энергии; определение и использование вторичных ресурсов энергии в перевозочных процессах, а также стационарных тепловых и испытательных устройствах железнодорожного транспорта для уменьшения первичных затрат энергии; определение оптимальных энергетических показателей стационарных устройств железнодорожного транспорта.

В области водного транспорта намечена разработка предложений по рациональному расходованию топлива и смазочных материалов на эксплуатируемых судах и рекомендаций по применению в судовых силовых установках более экономичных видов топлива (включая ядерное).

Сотрудничество в области автодорожного и городского транспорта включает разработку организационно-технических мероприятий по экономии топлива на автодорожном транспорте с целью сокращения потребления топлива на автомобильном транспорте и уменьшения загрязнения воздуха, а также разработку проекта преобразовательных подстанций для городского транспорта для объединения напряжения и токовой загрузки с целью экономии электроэнергии при эксплуатации трамваев и троллейбусов.

В области строительства. Тематика сотрудничества по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов одобрена на 48-м заседании ПК СЭВ по строительству в ноябре 1979 г. и имеет два направления: первое связано со снижением удельных расходов топлива и энергии в технологических процессах промышленности строительных материалов, второе — с совершенствованием методов и процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения в жилых общественных и производственных зданиях с целью снижения удельных расходов энергии на эти нужды. Решение этих проблем имеет целью улучшение теплотехнических свойств зданий и их элементов, освоение и применение новых принципов действия техники и отопления и использования новых источников энергии.

Следует отметить, что в настоящее время учет, автоматический контроль и управление расходом

тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение должным образом не налажены. Поэтому неотъемлемой частью комплекса перечисленных тем являются работы по совершенствованию способов измерения расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение и отопление индивидуальными потребителями, систем автоматического контроля и управления инженерным оборудованием в жилых и общественных зданиях с подготовкой технических требований к оборудованию и приборам. Намечено также создание эффективных систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции жилых и общественных зданий при использовании новых источников энергии, а также при применении тепловых насосов.

С целью снижения тепловых потерь общественными зданиями будет проводиться разработка конструкций окон с улучшенной теплоизоляцией, в том числе стеклопакетами.

В области сельского хозяйства и лесного хозяйства. Тематика сотрудничества одобрена на 50-м заседании ПК СЭВ по сельскому хозяйству в июле 1979 г.

Предусмотрен ряд работ по электрификации сельскохозяйственного производства с целью замены жидкого топлива электроэнергией, снижения трудовых затрат, экономии энергоресурсов, в том числе: разработка электрических и теплоаккумулирующих сушилок для сушки зерна, табака и другой продукции, разработка зоотехнических требований к кормораздатчикам, разработка транспортных и очистительных устройств, разработка конструкций нагревателей воды с использованием электрической и солнечной энергии.

Показанный выше комплекс проблем по совершенствованию технологических процессов в основных отраслях промышленности, строительства, сельского хозяйства и транспорта не исчерпывает всех резервов экономии в народном хозяйстве.

*

В перспективе существенный вклад в энергосберегающую политику внесет атомная энергетика. Предполагается, что установленная мощность атомных электростанций стран — членов СЭВ (без СССР) к 1990 г. должна составить около 36 млн. кВт.

Для более широкого внедрения атомной энергетики в топливно-энергетический баланс стран — членов СЭВ совместно реализовываются три крупномасштабные проблемы:

- завершение разработки, освоение и ввод в энергетические системы стран — членов СЭВ после 1980 г. энергоблоков с водо-водяными ядерными реакторами на тепловых нейтронах мощностью порядка 1000 МВт (ВВЭР—1000);

- разработка реакторных установок большой мощности на быстрых нейтронах;

- разработка реакторных установок атомных теплоэлектроцентралей и атомных станций теплоснабжения для выработки промышленного пара и для нужд теплофикации.

Страны — члены СЭВ проводят большой комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, необходимых для создания МГД-электростанций, работающих на газообразном, жидком и твердом топливах. К.п.д. электростанций, использующих МГД-генераторы, может достигать 55—60%. Их использование приведет к существенной экономии топливных ресурсов по некоторым расчетам на 20—25% по сравнению с современными ТЭС. В 1985 г. в СССР намечено создание первой промышленной МГД-электростанции на газообразном топливе мощностью 500 МВт.

Научно-техническое сотрудничество стран — членов СЭВ по разработке новых эффективных методов преобразования солнечной, ветровой, геотермальной энергии в электрическую, тепловую и механическую позволит создать экономичные устройства и установки для широкого использования возобновляемых источников энергии. Это позволит обеспечить частичную, но существенную в количественном выражении замену традиционных источников энергии. Этим будет внесен существенный вклад в экономику стран.

Таким образом, мероприятия научно-технического сотрудничества стран — членов СЭВ в области экономии топлива и энергии характеризуются широким охватом наиболее важных в данный и перспективный периоды направлений научно-технического прогресса. Их реализация является базовым элементом научно обоснованной энергосберегающей политики стран социалистического содружества.

НАУЧНЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Акад. М.А. Стырикович,
канд. экон. наук Ю.В. Синяк,
канд. техн. наук С.Я. Чернавский
(СССР)

ДАЛЬНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ключевые слова:
мировая энергетика,
развитие, проблемы,
перспективы, энергетические ресурсы, источники энергии, оценки, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, коммунально-бытовые нужды, потребление, прогноз

На протяжении последних 10–15 лет в оценках дальних перспектив развития мировой энергетики наблюдались резкие колебания. В середине 60-х годов наиболее перспективной в большинстве прогнозов представлялась ядерная энергетика. Нефть и природный газ в то время были весьма дешевы, поэтому с позиций тех лет наиболее вероятной выглядела энергетика, основанная на ядерной энергии в сочетании с использованием нефти и природного газа.

Однако уже в начале 70-х годов в некоторых прогнозах появились первые сомнения в том, что такая структура энергетики окажется оптимальной в свете дальних перспектив. Сомнения эти были обусловлены в основном теми трудностями, с которыми столкнулась ядерная энергетика, а также значительной эскалацией цен на ядерные реакторы.

Положение резко изменилось в 1973–1974 гг. в связи с резким повышением цен на нефть. Этот скачок цен ознаменовал конец эры дешевой энергии. Особенно чувствителен он оказался для тех стран, где было построено большое число энергоблоков, рассчитанных на сжигание мазута и природного газа, а также для стран с развитым автомобильным транспортом индивидуального пользования.

Эти элементы структуры весьма инерционны, перевод их на снабжение другими, более дешевыми видами топлива очень дорог и требует много времени. Резкое повышение цен на энергетические ресурсы, прежде всего, на нефть, снова повысило экономическую эффективность ядерной энергетики, несмотря на то, что к середине 70-х годов стоимость сооружения атомных электростанций (АЭС) значительно возросла. Относительное повышение конкурентоспособности АЭС отразилось в выдвинутой в 1974 г. концепции перехода энергетики, базирующейся на органическом топливе, к энергетике, в которой в качестве первичного источника используется ядерная энергия. Были предложены схемы, в которых ядерная энергетика обеспечивает потребности не только в электроэнергии, но и в тепле высокого и низкого потенциала, в том числе и потребителей, удаленных на значительные расстояния от ядерных реакторов. Большие надежды в этой концепции связывались с водородом как универсальным топливом. Длительность переходного периода предполагалась поряд-

ка трех-четырех десятилетий. При этом прогнозировалось весьма быстрое исчерпание ресурсов нефти и природного газа.

Однако уже в начале второй половины 70-х годов начали проявляться два фактора (один из которых был совершенно новым), которые явились позже основой для иных оценок в отношении будущей роли ядерной энергетики.

Первый фактор — это концепция защиты окружающей среды, второй — продолжение эскалации цен в ядерной энергетике, по своим темпам обгоняющей эскалацию цен в традиционной энергетике, и задержка с освоением коммерческих быстрых реакторов.

В результате во второй половине 70-х годов стала объектом пристального изучения концепция возобновляемых и так называемых чистых энергетических ресурсов: солнечной и геотермальной энергии, энергии океана, ветровой энергии и пр.

Более ранняя концепция перехода энергетики от органического топлива к ядерному была видоизменена, и развитие энергетики в долгосрочном аспекте стало рассматриваться как переход от энергетики, базирующейся на ограниченных (органических) ресурсах, к энергетике, основанной на практически неисчерпаемой основе. Последняя понималась различными авторами по-разному. Одни видели эту неисчерпаемую основу только в возобновляемых ресурсах, другие, как и авторы работы [1], в ядерной энергии деления и синтеза.

Таким образом, к концу 70-х годов оказалась господствующей концепция перехода от органического топлива к другим видам первичной энергии.

Правильна ли она? Авторы данной работы придерживаются точки зрения, в соответствии с которой органические топлива (природные или искусственные) будут продолжать играть заметную роль в жизни общества на протяжении весьма большого периода времени.

Извлекаемые энергетические ресурсы нефти и природного газа малы по сравнению с интегральными за большой период времени (порядка сотни лет) потребностями человечества в энергии, поэтому в отдаленной перспективе продление "жизни" органическому топливу может обеспечить только уголь. Особенный интерес представляет переработка угля в жидкое и газообразное топливо. Однако организация широкомасштабной переработки угля в искусственное органическое топливо — процесс длительный, он займет десятки лет. Весьма инерционный процесс и развитие ядерной энергетики. Готовиться к предстоящим изменениям надо заранее, поэтому для рассматриваемой постановки задачи горизонт прогнозирования оказывается весьма большим, охватывающим период порядка 120 лет.

Необходимость заглядывания на такой большой период обусловлен еще и другой спецификой объекта исследования — неравномерностью развития энергетики в развитых и развивающихся стра-

нах. Масштабы развития энергетики развивающихся стран пока еще относительно невелики, однако есть веские основания считать, что в будущем потребности развивающихся стран в энергии сильно возрастут. Процесс этого роста также весьма инерционен.

Ниже будут рассмотрены основные факторы, определяющие формирование потребности в энергии, роль различных энергоресурсов в покрытии потребностей и некоторые возможные варианты перспективного топливного баланса развитых и развивающихся стран.

Некоторые тенденции формирования потребности в энергии

Оценка будущей структуры энергопотребления представляет значительную сложность, требует глобального изучения природных ресурсов стран, их экономики, национальных традиций и т.п. Поэтому здесь мы ограничились рассмотрением лишь некоторых общих вопросов, которые, по нашему мнению, будут, в основном, формировать структуру энергопотребления мира в перспективе.

Дальнейшее развитие инфраструктуры потребует существенного увеличения производства конструкционных материалов (металлов, строительных материалов, пластмасс). По некоторым оценкам, в высокоразвитом обществе душевое потребление металлов может составить 700–800 [2], а пластмасс — около 400 кг/чел. в год [3]. Достижение этих уровней будет связано с большими затратами энергии на их производство и воплощение в готовую продукцию.

Учитывая, что промышленное производство сосредоточено, как правило, в крупных агломерациях, следует ожидать дальнейшей централизации энергоснабжения этой группы потребителей. Поэтому основным перспективным направлением в области промышленной энергетики следует считать электрификацию технологических и вспомогательных процессов на базе электроэнергии, получаемой от атомных (а впоследствии — термоядерных) электростанций. При практической стабилизации стоимости энергии от АЭС (после 2000 г.) и постепенно растущей стоимости энергии, получаемой на базе органического топлива, такое направление развития технического прогресса, по-видимому, является наиболее эффективным и вероятным.

Использование органических топлив в качестве сырья на переработку в химические продукты, по-видимому, не превысит 2–2,5 т у.т./чел. [4].

Решение одной из основных проблем человечества — обеспечение продуктами питания — будет связано со значительными затратами энергии, главным образом, за счет неизбежного сокращения пахотных земель и численности населения, занятого в сельском хозяйстве. Это потребует резкого увеличения интенсивности сельскохозяйственного производст-

ва на базе использования удобрений, развития ирригации в засушливых районах, мелиорации в районах с избыточной влажностью, перехода к земледелию в "закрытом" грунте, расширению процессов опреснения морской и соленой воды и т.п.

В связи с тем, что сельскохозяйственное производство в значительной мере относится к категории рассредоточенных потребителей, для которых возможности использования ядерной энергии ограничены, следует ожидать, по крайней мере, до 2025 г. возрастания потребления органического топлива (главным образом, жидких топлив — сначала природных, а затем получаемых на базе угля).

Основным фактором, определяющим развитие транспорта, служит характер расселения. При строительстве крупных жилых массивов, состоящих из многоквартирных домов (основной тип городской застройки в СССР), наиболее рациональным видом внутригородского транспорта является общественный, который, во-первых, требует в несколько раз меньших затрат энергии по сравнению с индивидуальным, а во-вторых, легче поддается электрификации (пригородные электрифицированные дороги, метро, трамвай, троллейбус).

Наиболее трудной проблемой транспорта является замена жидкого топлива для индивидуальных легковых автомобилей. В целом, по-видимому, синтетическое жидкое топливо для этой цели представляется более перспективным по сравнению с водородом. Вид синтетического жидкого топлива для универсального автомобиля еще окончательно не ясен (синтетический бензин, метанол, этанол и т.п.). Правда, в авиации можно ожидать относительно широкого применения водорода уже сравнительно скоро (может быть, в конце этого века). Однако удельный вес его в энергобалансе будет незначительным.

В прогнозах роста потребности в энергоресурсах на бытовые нужды особое место занимает вопрос о низкотемпературном тепле. Эта потребность включает процессы, требующие подогрева до температур 150°C и ниже: отопление, вентиляция и кондиционирование, горячее водоснабжение жилых, общественных и производственных помещений. Особенностью этих процессов является сильная зависимость расхода первичных энергоресурсов на теплоснабжение потребителей от плотности тепловой нагрузки и схемы теплоснабжения.

В городах с большими массивами многоэтажных домов в качестве основного источника тепла могут быть приняты отопительные ТЭЦ (где основная нагрузка является сезонной). Особым преимуществом такой системы является возможность применения для ТЭЦ любого топлива, в том числе и ядерного.

Значительно сложнее обстоит дело с теплоснабжением районов с малой плотностью застройки (мелкие населенные пункты или рассредоточенная застройка городских поселений), когда стоимость тепловых сетей и потери ими тепла (составляющие в крупных городах очень малую величину) сильно

возрастают. В этих условиях перспективным может оказаться электроотопление с использованием тепловых насосов. Теоретически эта схема может давать очень низкие расходы первичных энергоресурсов, так как при малой разнице температур между природным источником тепла и помещением коэффициент трансформации электроэнергии в тепло может быть очень высоким и с избытком превышать потери при преобразовании ресурса в электроэнергию.

Одним из наиболее важных вопросов, связанных с потреблением энергии, является ее экономия. При этом вопрос об экономии энергии следует понимать прежде всего как экономию народнохозяйственных затрат в топливно-энергетический комплекс, что предопределяет первостепенность мероприятий по экономии дорогих, высококачественных топлив — нефти, природного газа, кокса и др. Несомненно, что основной движущей силой при этом будет рост стоимости энергии.

Подобный рост стоимости энергии в значительной степени предопределяет важность ее экономии на всех стадиях от добычи до конечного использования. Важность ее, конечно, в разных странах будет проявляться по-разному, однако в подавляющем большинстве стран мира ее актуальность в будущем несомненна.

Одним из генеральных направлений экономии дефицитных видов органического топлива является расширение использования практически неограниченных источников энергии (ядерной, гидравлической, солнечной, геотермальной и др.). За счет этого будет наблюдаться постоянное снижение доли органического топлива в мировом энергетическом балансе. Вытеснение дефицитных видов топлива, в первую очередь нефти, будет происходить значительно более высокими темпами.

Развитие ядерной энергетики предполагает прежде всего расширение использования электроэнергии, что связано с увеличением потерь энергии при преобразовании. Если в настоящее время потери при преобразовании первичных энергоресурсов в электроэнергию в мировом энергетическом балансе составляют примерно 22%, то к 2000 г. при увеличении потребности в электроэнергии в 2,5–2,6 раза они возрастут до 28%, а к 2025 г. при росте энергопотребления в 6,0–6,4 раза — до 33%. При этом следует иметь в виду, что повышение эффективности преобразования энергии топлива в электроэнергию ограничено и, если учесть, что после 2000 г. начнет развиваться производство синтетического жидкого топлива и газообразного топлива из угля (к.п.д. этого процесса не превышает 60–70%), то суммарные потери при преобразовании будут еще большими.

Для того, чтобы скомпенсировать увеличение потерь энергии в связи с увеличением доли преобразованных ее видов (электрической, тепловой энергии, синтетических топлив) в энергетическом балансе, необходимо повышать эффективность использования энергии у конечных потребителей, что

требует проведения активной политики в области экономии энергии во всех без исключения областях народного хозяйства.

Можно ожидать, что доля потребления энергии промышленностью, достигающая 50–60%, сохранится и в будущем.

Одним из направлений технического прогресса в области промышленности может явиться использование тепла высокотемпературных ядерных реакторов в различных технологических процессах промышленности. В первых десятилетиях следующего века эти процессы могут найти применение в черной и цветной металлургии, химической промышленности.

Другое перспективное направление развития промышленной энергетики – использование низкотемпературной плазмы. Благодаря большой химической активности завершение реакций в плазме становится более полным, уменьшается количество отходов, повышается чистота конечного продукта. Перспективным является использование плазменных процессов в металлургии для комплексной переработки руд и получения из них металлов путем прямого восстановления.

Большие возможности имеют плазмохимические процессы. Они могут использоваться для прямого окисления атмосферного азота, получения фосфорсодержащих соединений, ацетилена из природного газа, пиролиза нефти и т.п. При этом в 2–3 раза увеличивается степень выхода исходного сырья в готовый продукт, в десятки раз возрастают скорости протекания технологических процессов, что отражается на производительности установок или их габаритах, снижается использование высококачественных топлив за счет увеличения в 4–5 раз расходов электроэнергии, вырабатываемых на базе дешевых углей или ядерной энергии.

Большие перспективы имеют каталитические генераторы тепла, позволяющие повысить коэффициент полезного использования топлива в низко- и среднетемпературных процессах в 1,5–2 раза, увеличить тепловую напряженность объема топок на 1–2 порядка. Это позволяет в десятки раз сократить габариты установок, обеспечить полное сжигание топлива без выделения токсичных продуктов высокотемпературного горения, минимизировать объем и температуры отходящих газов. Каталитические генераторы тепла могут найти широкое применение в процессах нагрева и испарения различных жидкостей в теплообменных аппаратах, сушки влажных материалов, очистки воды, термической активности материалов.

В связи с увеличением стоимости органического топлива расширяется область использования тепловых насосов для целей низкотемпературного тепло- и хладоснабжения промышленности и коммунально-бытового сектора. Использование для этой цели тепла водоемов или речного стока с относительно постоянной температурой или тепловых сбросов производственных или бытовых объектов, включая энталпию вентиляционных сбросов, оказывается

весьма перспективным. Достигаемая при этом экономия составляет 20–40% в зависимости от условий извлечения низкопотенциального тепла и эффективности заменяемой системы.

Самостоятельной, но весьма важной проблемой для перспектив потребления энергии является изменение стиля и образа жизни в развитых странах в сторону более экономичного и рационального потребления материальных благ и услуг и формирование нового образа жизни в развивающихся странах на энергосберегающих принципах.

Одной из сторон этой проблемы является вопрос расселения. Крайними примерами в этой области могут служить США, где подавляющая часть населения живет в рассредоточенных односемейных коттеджах, централизованное снабжение которых весьма дорого, и СССР, где основное жилищное строительство ведется крупными массивами многоквартирных домов и уже сегодня большая часть домов обслуживается централизованными системами. Эта разница в расселении приводит к кардинальному различию в подходах к возможности сокращения затрат жидкого топлива на пассажирский транспорт. В США значительная часть всего потребления моторного топлива расходуется на ежедневные поездки из дома на работу и обратно и единственным путем сокращения этого потребления является, по-видимому, повышение эффективности индивидуальных автомобилей. Однако при такой системе и в перспективе расход топлива на пассажиро-километр сохраняется очень высоким, так как нагрузка автомобиля при поездке на работу остается очень малой.

В СССР жилые массивы связаны с промышленными центрами и деловыми и торговыми кварталами системой общественного транспорта, в значительной степени электрифицированного. Даже в тех случаях, когда используются автобусы на жидком топливе, его расход на пассажиро-километр в несколько раз ниже, чем при поездке в индивидуальном транспорте. В дальнейшем автобусные линии могут заменяться троллейбусными или метро, а в достаточно близкой перспективе автобусы, едущие по определенным маршрутам, могут перейти на аккумуляторы (электрические или инерционные), что очень трудно для машин универсального назначения.

Мировые запасы природных энергетических ресурсов

В данной работе при оценке мировых извлекаемых запасов углей использованы данные А.С. Астахова [5]. Они включают оценку полных геологических ресурсов угля.

Мировые ресурсы жидких и газообразных углеводородов (нефти, горючих сланцев, битуминозных песков, природного газа) взяты по данным, приведенным в работе А.К. Арского [6].

В последнее время большие надежды были связаны с освоением возобновляемых энергетических ре-