

3194  
С 34



Ю.Д. Сибикин  
М.Ю. Сибикин

ТЕХНОЛОГИЯ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ



3



2



СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

CA-298016

Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин

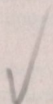
# ТЕХНОЛОГИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Допущено Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебника для студентов учреждений среднего  
профессионального образования, обучающихся по группе  
специальностей 1200 Машиностроение*

ca-298046

08

7



Москва

ФОРУМ – ИНФРА-М

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕЖДЕ ВРЕМЕНИ КУЛЬТУРЫ  
2006  
"ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТНАЯ  
УНИВЕРСАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА  
ИМ. Н. К. КРУДСКОЙ"

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Стратегическая задача, поставленная Президентом и Правительством России перед обществом и государством, заключается в том, чтобы определить пути более эффективного использования природных энергетических ресурсов как важнейшего национально-государственного достояния страны для существенного (к 2015 г. в 2 раза) повышения производимого социально-ориентированного внутреннего валового продукта (ВВП) и качества жизни населения при снижении удельных энергетических и, как следствие, материальных затрат общества на свое развитие.

Структурная реорганизация экономики России требует от энергетиков решения ряда новых специфических задач, а именно:

- создание правовой базы для эффективного управления энергетикой;
- поиск эффективных моделей и алгоритмов, обеспечивающих разработку оптимального баланса мощностей в энергосистемах применительно к новым экономическим условиям, высокой надежности, тепло- и электроснабжения, снижения потерь тепловой энергии и электроэнергии в целях создания для их производителей и потребителей одинаково выгодных условий производства, передачи, распределения и потребления;
- совершенствование финансовой и инвестиционной политики РАО «ЕЭС России» и других производителей тепловой и электрической энергии;
- организация управления в условиях новых форм собственности, системы договоров и контрактов между производителем и потребителем электрической и тепловой энергии;
- разработка политики ценообразования на потребительском рынке электро- и теплоэнергии.

Учебник предназначен студентам специальностей 10.06; 10.04; 10.02, а также 290.300 и 290.600. Его целью является ознакомление будущих специалистов с путями решения вышеперечисленных и других актуальных задач повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

В программе СД.ДС.03 учебной дисциплины «Технология энергосбережения» заложены государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников энергетиков единые для всех форм обучения.

Материал, изложенный в книге, соответствует требованиям программы и содержит все необходимые сведения инженерам теплотехникам, теплоэнергетикам и энергетикам для творческого решения сложных задач рационального использования и энергосбережения ТЭР.

*Авторы*

## Глава 9

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА И РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

### 9.1. Новые виды жидкого и газообразного топлива

Нефть «синтетическую» и газ, полученные из угля, дополнительные углеводородные ресурсы, представленные органической составляющей горючих сланцев, битуминозных пород, топливные спирты, а также водород, относят к новым видам жидкого и газообразного топлива.

Уголь, горючие сланцы и битуминозные породы являются главными перспективными источниками получения жидкого и газообразного топлива. Потенциальные запасы содержащегося в них углеводородного сырья намного превосходят известные запасы нефти и природного газа.

Широко доступная и разнообразная сырьевая база и полностью отработанная и освоенная технология их производства являются одним из основных преимуществ энергетического использования спиртов в качестве топлива или добавки к нему. По мнению многих специалистов водород способен заменить ископаемое органическое топливо в таких сферах его потребления, как авиация, автотранспорт, коммунально-бытовой сектор и т. д. При этом ресурсы водорода (если в качестве его источника рассматривать воду) практически не ограничены. Самым важным свойством водорода является универсальность его использования. Он может применяться в качестве основного топлива или как добавка к нефтяному при относительно небольших конструктивных переделках двигателя; энергия водоро-

да может также преобразовываться в топливных элементах в электроэнергию; водород способен заменить природный газ и нефть почти во всех крупных химических производствах и т. д.

## 9.2. Синтетическое топливо из углей

Большое значение имеет создание промышленной технологии получения синтетических жидких топлив на базе огромных запасов бурых и каменных углей, в состав которых входят органические и минеральные компоненты. Перечень и вещественное содержание этих компонентов предопределяет выбор направлений использования и методов комплексной переработки углей. Существенное влияние на дальнейшее расширение глубокой переработки углей оказывает технический прогресс, представляющий собой непрерывное развитие и совершенствование орудий труда и технологических процессов в этой области.

К настоящему времени разработаны и проходят проверку новые технологические схемы и процессы, внедрение которых значительно расширит масштабы комплексной переработки углей. К таким процессам в первую очередь относятся высокоскоростной пиролиз, гидрогенизация и термическое растворение.

**Высокоскоростной пиролиз** (полукоксование) – процесс последовательного нагрева предварительно измельченного до пылевидного состояния угля сначала газовым до температуры 300 °С (сушка), а затем твердым теплоносителем до температуры 650 °С (разложение с выделением основной массы паров смол и тяжелых углеводородов). При взаимодействии с твердым теплоносителем происходит теплообмен с высокими скоростями. Это позволяет резко интенсифицировать процесс по сравнению с традиционными схемами полукоксования и обеспечить более чем в 2 раза выход продуктов пиролиза.

В результате такого интенсивного разложения получают полукокс (68 %), энергетический газ (15 %) и смола (17 %), которые характеризуются следующими качественными показателями:

### Полукокс

Зольность, % .....	12...20
Содержание летучих, % .....	5...19
Теплота сгорания, кДж .....	27,21...28,05
Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup> .....	760

## Смола, %

Карбены-карбоиды .....	5
Асфальтены .....	5
Фенолы .....	26
Нейтральные масла .....	47
Осмоляющиеся .....	14
Пиридиновые основания .....	2
Карбоновые кислоты .....	1

## Энергетический газ, %

Углекислоты .....	23
Оксиды углерода .....	16,8
водорода .....	24,2
Удельные углеводороды .....	25,0
Непредельные углеводороды .....	4,7
Кислород .....	0,5
Азот .....	6,2
Сероводород .....	0,3
Теплота сгорания, кДж/кг .....	20,09
Удельный вес, кг/м <sup>3</sup> .....	1,04

Исследованиями установлена возможность выделения из смолы до 47 % дистиллятной части, из которой около 50 % отгоняется в виде бензиновой фракции. Жидкие топлива из тяжелой части смолы могут быть получены при ее замедленном коксовании.

*Гидрогенизация* – процесс получения жидких и газообразных продуктов из углей под давлением 10 МПа, при температуре 420...430 °С и объемной скорости 0,8...1 ч<sup>-1</sup> в присутствии пастообразователя – донора водорода, катализаторов (солей железа и молибдена) и надбавок ингибиторов радикальной полимеризации.

К настоящему времени разработан ряд новых решений. В частности, это относится к предварительной сушке угля газовым теплоносителем в вихревых камерах, механохимической подготовке угле-масляных суспензий, очистке газов низкотемпературной короткоциклонной адсорбцией, сжиганию шламов и сточных вод и регенерации катализаторов. Количество органической массы угля (ОМУ), превращаемое в жидкие и газообразные продукты, составляет 90...92 %. Жидкие продукты с температурой кипения до 300 °С подвергаются переработке с применением процессов гидроочистки, каталитического риформинга и гидрокрекинга с получением высоко-

кооктанового бензина и дизельного топлива, выход которых составляет 45...50 % по отношению к исходному углю (ОМУ).

Термическое растворение – технология получения из углей тяжелых жидких экстрактов и выработки синтетической нефти и моторных топлив путем деструктивной гидрогенизации продуктов термического растворения. Работы ведутся в Институте горючих ископаемых, носят поисковый характер и проводятся на лабораторной аппаратуре. Процесс ведется при давлении 5 МПа, температуре 415 °С, объемной скорости 1...1,3 ч<sup>-1</sup> по пасте с использованием дисциллятного растворителя с температурой кипения 200...350 °С (содержащего до 33 % донора водорода), в количестве 1,8 по отношению к углю. Последующая переработка жидких продуктов включает фильтрование, коксование беззольного экстракта, гидрогенизационную переработку сырого бензина и части регенерированного растворителя. Выход продуктов составляет: бензин автомобильный – 7,45 %, электродный кокс – 12,45 %, битум – 25,92 %, газы – 12,17 %, остаточный уголь 25,92 %, потери – 8,63 %. Полученные предварительные результаты свидетельствуют о значительно меньшем выходе моторных топлив, чем в процессе прямой гидрогенизации.

### 9.3. Горючие сланцы

Кроме России добычу горючих сланцев и производство синтетического топлива в промышленных масштабах осуществляют в КНР, где производство составляет 0,3 млн т в год, и в Бразилии, где производство сланцевой смолы доведено до 50 тыс. т/год. На пороге промышленного освоения месторождений горючих сланцев находятся США, Марокко, Австралия. Разработаны различные варианты добычи и переработки сланцев. Все они предусматривают термическое разложение с получением синтетических топлив и побочных продуктов – серы, аммиака, кокса и т. д.

Перспективными способами переработки сланцев являются газификация на парокислородном дутье под давлением (Саратовский политехнический институт) и термическое растворение (ИГИ). Исходя из предварительных разработок при газификации возможно получение газа с калорийностью 3000 ккал/кг в объеме 9 млн т у. т. (если газифицировать все сланцы), что позволит в перспективе в Поволжье сэкономить до 10 % котельно-печного топлива.



При термическом растворении 40 млн т горючих сланцев возможно производство около 20 млн т у. т. высококипящего беззольного экстракта и 2 млн т у. т. газа. По расчетам, целесообразно беззольный экстракт прямо использовать в качестве дорожных битумов, а высвобожденные битумы использовать в дальнейшей переработке с производством энергетической продукции.

Большое значение для повышения экономичности использования волжских сланцев имеет выделение и утилизация попутно залегающих полезных ископаемых, микрокомпонентов, редкоземельных металлов и серы.

Исходя из запасов, уровней подготовленности к промышленному освоению и имеющегося опыта разработки сланцевых месторождений возможна, начиная с 2006 г., разработка месторождений горючих сланцев Поволжья с доведением в перспективе до 30...40 млн т в год.

#### 9.4. Битуминозные породы

Значительным резервом развития в стране индустрии дополнительного углеводородного сырья являются битуминозные породы. Это комплексное органоминеральное сырье, которое при термическом воздействии способно выделять органическую составляющую, являющуюся заменителем нефти, а минеральные остатки, остающиеся после отделения «синтетической» нефти, являются прекрасным сырьем для строительной и дорожной индустрии.

Месторождения и скопления битуминозных пород довольно многочисленны, и географическое размещение их крайне неравномерно. В связи с плохой изученностью прогнозные запасы «синтетического» топлива, содержащегося в битуминозных породах, варьируют от 20 до 30 млрд т. Значительные разведанные запасы размещаются на территории Татарстана, Ульяновской и Самарской областей, где они залегают на глубинах до 400 м. Имеются месторождения природных битумов на Северном Кавказе, Восточной Сибири, в Коми и других районах нашей страны.

За исключением Татарстана и Якутии специальных геологоразведочных работ на битумы в стране не проводили.

Наиболее изученными считаются скопления битуминозных пород в пермских отложениях Татарстана. В соответствии с решением

ГКЗ в качестве основы для планирования геологоразведочных работ приняты запасы в размере 1,0 млрд т с битумонасыщенностью свыше 5 %. По степени разведанности эти запасы относятся к категории прогнозных.

### 9.5. Спиртовые топлива

Как компоненты моторных топлив спирты – метанол, этанол ранее в периоды острой нехватки топлива уже использовались. В настоящее время за рубежом наибольший практический опыт накоплен по использованию этилового спирта.

В начале 70-х годов XX в. в связи с возрастающими требованиями к качеству используемых топлив, необходимостью расширения сырьевой базы производства моторных топлив возрос интерес и к использованию метанола как топлива или добавки к нему. Известны такие топлива, как «газохол», «дизохол».

Значительный интерес к спиртовым топливам, особенно метанольному, обусловлен рядом причин, из которых главными являются: в экологическом отношении такие топлива более приемлемы, чем синтетический бензин и другие не нефтяные топлива, хранение и распределение аналогично бензину, их применение дает возможность достичь повышения топливной экономичности двигателя. Все это достигается при одновременном расширении ресурсов моторных топлив нефтяного происхождения.

Технически доказана возможность использования метанола: в качестве 5 и 15 % добавки к бензину; для производства высокооктановой добавки к топливу – МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир); для производства бензина из метанола; в чистом виде.

Бензометанольная смесь, содержащая 5 % метанола, ввиду распада при температуре  $-3^{\circ}\text{C}$  может быть использована как летний вид топлива. Если использовать 1,5 млн т метанола в качестве такой добавки, расширение ресурсов моторных топлив может составить 0,8 млн т. В целом бензометанольные смеси стабильны в эксплуатации, выхлопы компонентов в отработанных газах значительно снижены: углеводородов на 10...20 %, оксидов азота – на 30...35 %. В настоящее время в лабораториях проводят работы по использованию метанола в чистом виде. Однако такое использова-

ние требует значительных изменений конструкций серийных двигателей, которые не могут быть осуществлены на современном уровне развития техники. Отрабатывают отдельную подачу метанола от бензина. Такие двойные топливные системы имеют ряд преимуществ. По данным ГосНИИметанолпроекта, при внедрении двойных топливных систем потребуется расход метанола в объеме до 10 % объема бензина и он может использоваться во всех климатических зонах. Такая подача топлива позволяет также использовать низкооктановый бензин.

### 9.6. Водородная энергетика

В настоящее время основным сырьем в России для производства водорода является природный газ, из которого производят более 90 % водорода.

Уже разработаны и внедряются перспективные методы извлечения водорода из водородосодержащих газов различных производств: низкотемпературная конденсация, адсорбция, абсорбция, мембранная технология. Производство водорода этими методами значительно экономичнее, чем на специальных установках паровой конверсии углеводородных газов, считающейся наиболее дешевым методом производства водорода. Перспективным источником является уголь. Однако в программе развития водородной энергетики в стране на перспективу предусмотрено, что основным сырьевым источником получения водорода станет вода, для разложения которой должно быть использовано тепло высокотемпературного ядерного реактора (ВТЯР).

Водород обладает очень высокой теплотой сгорания: при сжигании 1 г водорода получают 28,6 кал тепловой энергии (при сжигании 1 г бензина – 11,2 кал), его можно транспортировать и распределять по трубопроводам, как природный газ. Главным преимуществом водородной энергетики является возможность экономии традиционного энергетического сырья за счет широкого использования водорода в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (как в чистом виде, так и в виде добавки) и газотурбинных двигателей (авиатранспорт, электроэнергетика).

Испытания показали, что более эффективно использовать водород в виде 5...10 % добавки к бензину, поскольку использование чис-

того водорода ведет к нарушению рабочего процесса двигателя и выделению больших количеств  $\text{NO}_x$ , а также к усложнению хранения больших количеств водорода на борту автомобиля. Такая смесь позволяет повысить топливную экономичность двигателя на 20...25 %, снизить эксплуатационный расход бензина на 35...40 % и токсичность отработавших газов по  $\text{CO}$  в 15–20 раз, по углеводородам в 1,5–2,0 раза и окислам азота в 10–15 раз.

В связи с отсутствием товарных ресурсов водорода на начальном этапе перевод автомобильного транспорта на бензоводородные композиции целесообразно проводить по определенным регионам, в которых имеются либо достаточные ресурсы вторичного водорода, являющегося побочным продуктом химических и нефтехимических производств, либо имеются достаточные ресурсы технологических газов, из которых может быть получен дешевый водород. С целью получения пиковой электроэнергии использование водорода в энергетике необходимо рассматривать одновременно с использованием электроэнергии АЭС для производства водорода электролизом воды с дальнейшим сжиганием его для выработки электроэнергии в часы максимальных нагрузок, либо в паровой турбине, в парогенераторе и МГД-генераторе, либо в МГД-генераторе и парогенераторе. Расчетные значения затрат на магистральный транспорт водорода на большие расстояния при той же передаваемой мощности оказываются в 3–5 раз ниже затрат на транспорт электроэнергии.

### 9.7. Перспективы развития ВИЭ

Если в 1980 г. доля производимой электроэнергии на ВИЭ в мире составляла 1 %, то по оценке Американского общества инженеров-электриков к 2005 г. она достигнет 5, к 2020 – 13 и к 2060 г. – 33 %. По данным Министерства энергетики США, в этой стране к 2020 г. объем производства электроэнергии на базе ВИЭ может возрасти с 11 до 22 %. В странах Европейского Союза планируется увеличение доли использования ВИЭ для производства тепловой и электрической энергии с 6 (1996) до 12 % (2010). Исходная ситуация в странах ЕС различна. И если в Дании доля использования ВИЭ с 3 % в 2000 г. достигла 10 %, то Нидерланды планируют увеличить долю ВИЭ с 3 % в 2000 г.

до 10 % в 2020 г. Основным результатом в общей картине определяет Германия, в которой планируется увеличить долю ВИЭ с 5,9 % в 2000 г. до 12 % в 2010 г. в основном за счет энергии ветра, солнца и биомассы.

Главными причинами, обусловившими развитие ВИЭ, являются:

- обеспечение энергетической безопасности;
- сохранение окружающей среды и обеспечение экологической безопасности;
- завоевание мировых рынков ВИЭ, особенно в развивающихся странах;
- сохранение запасов собственных энергоресурсов для будущих поколений;
- увеличение потребления сырья для неэнергетического использования топлива.

Масштабы роста использования ВИЭ в мире на ближайшие 10 лет представлены в табл. 9.1.

**Таблица 9.1. Прогноз роста установленной мощности ВИЭ в мире, ГВт**

Вид оборудования или технологии		2000 г.	2010 г.
Фотоэлектричество		0,938(0,26)	9,2(1,7)
Ветроустановки, подключенные к сети		14	74
Малые ГЭС		70	175
Электростанции на биомассе		18	92
Солнечные термодинамические станции		0,2	10
Геотермальные электростанции	I	7,97	20,7
	II		32,25
<b>ИТОГО</b>		111,1	380,9...392,45
Геотермальные тепловые станции и установки, ГВт	I	17,174	44,55
	II		69,50
Солнечные коллекторы и системы	ГВт	11	55
	млн м <sup>2</sup>	60	300

*Примечания:* 1. В строке «фотоэлектричество» в скобках указано годовое производство фотоэлементов. 2. I, II сценарии развития геотермальной энергетики, соответственно при ежегодном росте 10 % и 15 %.