

# **Органическое топливо и типы топочных устройств для его сжигания**

## **Органическое топливо**

В качестве энергоносителей для тепловой энергетики могут использоваться: уголь и другие виды ископаемого твердого топлива; природный газ; тяжелые нефтепродукты (мазут); углеродсодержащие отходы углеобогащения; биоотходы.

В общих запасах топлива в Украине доля угля составляет 96%, нефти – 1,7%, газа – 2,3%. Разведанные запасы угля составляют около 52 млрд. т у.т., углеводородов – менее 1,5 млрд. т у.т. Балансовые запасы торфа составляют около 0,9 млрд т. Годовая добыча торфа в последние годы составляет менее 0,5 млн.т, до четверти этого объема используют как удобрение. Сравнительно небольшие ресурсы, низкая калорийность торфа, сильное влияние увеличения добычи на местные экосистемы позволяют рассматривать торф в качестве топлива лишь как вспомогательный местный источник энергоресурсов. Болтышские и карпатские сланцы рассматриваются как перспективный источник сырья для получения углеводородов, однако в настоящее время технологии их получения из сланцев недостаточно отработаны. Сельское и лесное хозяйство Украины ежегодно теряют в топливном эквиваленте 5–9 млн. т у.т. целлюлозосодержащих биоотходов – отходов древесины, соломы, сухих стеблей, лузги. Биоотходы следует рассматривать как дополнительный топливный ресурс на перспективу. Таким образом, уголь является основным ископаемым топливным ресурсом Украины.



Рис. 2.2. Динамика средних

мировых цен на органическое ископаемое топливо в нефтяном эквиваленте (1 т нефтяного эквивалента (н.э.) = 1,43 т у.т.)

Вместе с тем в составе СССР для нужд теплоэнергетики Украина в значительной мере обеспечивалась природным газом и нефтепродуктами. В 1991 году в структуре топливообеспечения ТЭС Украины природный газ и мазут составляли до 70%, или около 50 млн. т у.т. в год, что значительно больше, чем все годовое топливопотребление ТЭС в 2000–2007 гг. Природный газ сжигался не только в газомазутных котлоагрегатах ТЭС, ТЭЦ и в газовых котельных: большая часть угольных котельных была газифицирована, а на пылеугольных котлах ТЭС широко распространилось сжигание высокосольного угля с газовой подсветкой. К 2005 году из-за удорожания нефтепродуктов и увеличения глубины переработки нефти годовое потребление мазута в энергетике снизилось до 0,2–0,3 млн. т у.т. Потребление природного газа на ТЭС снизилось до менее 10 млн. т у.т., однако из-за расширения сети газификации его потребление в коммунальной и промышленной энергетике увеличилось до 25–30 млн. т у.т. в год.

Такая структура топливоиспользования не соответствовала мировым ценовым тенденциям. В последние годы наблюдалась стойкая тенденция к более быстрому, чем на уголь, повышению цен на углеводородное топливо (рис. 2.2).

Для Украины неизбежным стал переход поставок природного газа от льготных к мировым ценам. В этих условиях отечественный уголь является залогом бесперебойной и эффективной работы ТЭС, а значит, и энергетической безопасности Украины.

Важными задачами являются вовлечение в тепловую энергетику забалансовых топливных ресурсов, таких как накопленные отходы углеобогащения, и постепенный перевод коммунальных и промышленных котельных на сжигание местного твердого топлива.

### **Классификация топок для сжигания топлива и требования к его качеству**

Основой традиционных паровых котлов является топочное устройство, где происходит преобразование химической энергии топлива в физическую теплоту продуктов сгорания для последующей ее передачи через поверхности нагрева нагреваемой среде (воде, пару).

По виду топочных процессов тепловые топки подразделяются на следующие типы (рис. 2.3): *а*– с неподвижным слоем твердого топлива; *б*– с кипящим слоем твердого топлива; *в*– с циркулирующим кипящим слоем твердого топлива; *г*– камерные (факельные) для сжигания газообразного, жидкого и твердого пылевидного топлива.

В топках с неподвижным слоем (рис. 2.3, а) свободно лежащее на решетке топливо продувается снизу воздухом. Скорость газоздушного потока в слое такова, что его подъемная сила меньше веса топливных частиц. Условием этого является их крупный размер (как правило, больше 6 мм). Калорийность топлива имеет меньшее значение для поддержания процесса горения, поэтому в топках с неподвижным слоем сжигают каменные угли и антрацит с зольностью до 25%, бурые угли с влажностью до 30%, буроугольные и торфяные брикеты, кусковой торф, древесные отходы. Наличие в топливе мелочи, напротив, критично: оно не только увеличивает потери недогоревшего углерода с уносом, но, что важнее, препятствует свободному прохождению окислителя через

слой. Из-за этого в слое возникают зоны проскока окислителя и, как следствие, зоны неравномерного горения – захлаживания (из-за чего возникают локальный недожог топлива и выбросы CO с дымовыми газами), а также зоны перегрева (результат – ускоренное разрушение решетки). Поэтому содержание мелочи в топливе для сжигания в неподвижном слое строго нормируется: класс крупности 0–6 мм не должен превышать 10–20% по массе. Для сжигания в неподвижном слое предпочтительнее брикетированное топливо, в том числе из малозольного бурого угля и торфа; брикетирование же высокозольной топливной мелочи не приводит к эффективному выгоранию вследствие того, что слой шлака, образующийся на поверхности частично выжженных брикетов, препятствует проникновению окислителя в их глубину. Топками с неподвижным слоем оснащены преимущественно коммунальные и промышленные котельные, однако в 90-х годах прошлого века большинство их переведено на сжигание природного газа.

В топках с кипящим слоем (рис. 2.3,б) используется топливо класса крупности от 0–6 мм до 0–25 мм (биоотходы – до 50 мм). В слое подъемная сила газовоздушного потока уравнивает вес частиц, из-за чего возникает псевдооживление – интенсивный тепломассоперенос по высоте и сечению слоя. В надслоевом пространстве площадь живого сечения, а, следовательно, и скорость газа, меньше (до 1,0–2,5 м/с), и большинство вынесенных из слоя частиц падают обратно в слой. Из-за того, что горящие частицы, доля которых в слое невелика, окружены инертными газами, горящие частицы не перегреваются, а средняя температура слоя не превышает 950°C. В этих условиях генерация оксидов азота невысока и существует возможность связывания серы известняком, подаваемым в слой, до химически инертного гипса. Относительно низкие удельная скорость горения углерода и его концентрация в слое компенсируются относительно большой массой и высотой слоя (до 1,0–1,2 м), а глубокий выжиг большинства частиц достигается за счет их достаточно большого времени пребывания в топке. Кипящий слой нетребователен к

качеству топлива: в нем успешно сжигают угли и углеродсодержащие отходы с зольностью до 70% и относительно малозольные с влажностью до 60%. Возможным условием топливоподготовки, прежде всего для низкорреакционного топлива, является окусковывание (гранулирование) мелочи; за счет большого времени пребывания и ограниченных температур горения (ниже точки плавления золы) топливные гранулы с размером до 13–25 мм в кипящем слое полностью выгорают. За рубежом топки с кипящим слоем широко распространены на водогрейных и паровых котлах производительностью до 100 т/ч.

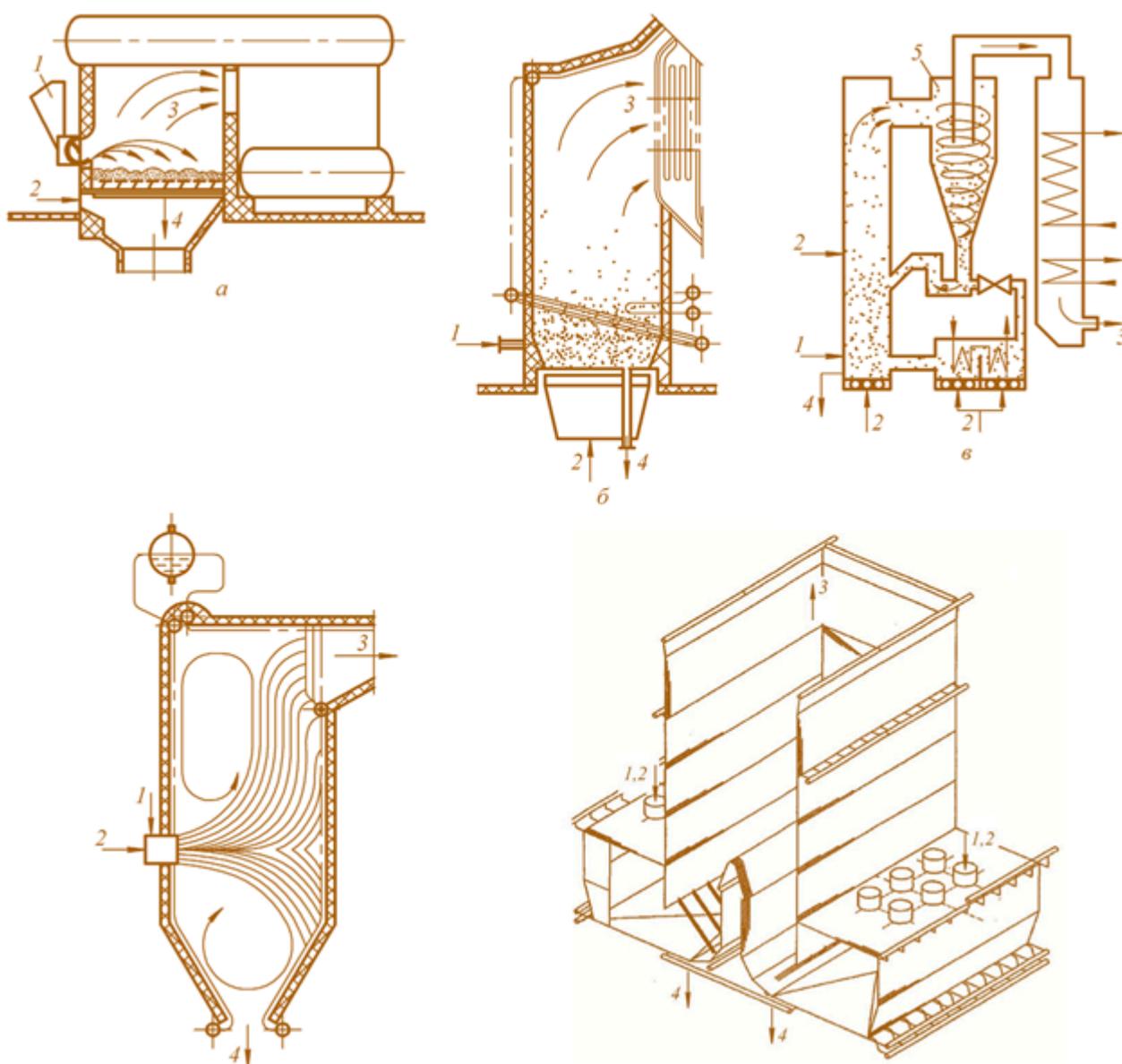


Рис. 2.3. Основные типы топок паровых котлов: а – с неподвижным слоем; б – с кипящим слоем; в – с циркулирующим кипящим слоем; г – камерная топка; д – топка с плавильными предтопками (арочная); 1 – подача топлива;

2 – подача воздуха; 3 – выход продуктов сгорания и золы уноса; 4 – вывод донной (подовой) золы; 5 – циклон

Хотя, в отличие от неподвижного слоя, наличие мелочи в топливе не критично для организации процесса горения в кипящем слое, оно существенно снижает его эффективность. Дело в том, что вынесенная из слоя мелочь размером менее 0,5 мм в слой не возвращается, а поскольку температура в надслоевом пространстве ниже, чем в слое, то и горение мелочи прекращается. Попытки же уловить мелочь и вернуть ее на дожигание в слой малоэффективны, потому что к.п.д. улавливания циклонов для пылевидных частиц не превышает 70%. Качественный скачок произошел, когда топливо начали дробить до размера 0–3 мм и ниже, а скорость газа на живое сечение топки повысили до 5–7 м/с. Оказалось, что в условиях, когда из слоя выносятся мощный поток частиц размером 0,1–1 мм, общий к.п.д. циклона повышается до 99% и более в силу того, что хорошо улавливаемые частицы указанного размера увлекают за собой и более мелкие. Так возникли *топки с циркулирующим кипящим слоем* (ЦКС) (рис. 2.3,в). Требования к качеству топлива у ЦКС не более жесткие, чем у кипящего слоя, а эффективность сжигания топлива, в том числе содержащего мелочь, значительно выше. Лучше и экологические показатели: по связыванию серы – за счет более длительного удержания известняка в топке, по выбросам оксидов азота – за счет организации восстановительной зоны между вводами первичного и вторичного воздуха. Кроме того, у топок с ЦКС гораздо меньшие масштабные ограничения, поэтому они могут использоваться не только в малых паровых и водогрейных котлах, как топки с неподвижным и кипящим слоем, но и в котлах крупных энергоблоков ТЭС электрической мощностью до 300 МВт и более. Диапазон регулирования нагрузки ЦКС-энергоблоков составляет 40–100%. Следует отметить, что по уровню зольности для сжигания в котлах с ЦКС пригодны шламовые отходы с зольностью до 60%, которых в настоящее время накоплено до 150 млн. т, или около 70 млн. т у.т. Их утилизация не только расширила бы топливную базу тепловой энергетики без значительных капиталовложений, но и решила бы ряд экологических

проблем, связанных с рекультивацией площадей, занятых илонакопителями. Необходимым условием сжигания высокозольного шлама в ЦКС является его агломерация, которая обеспечивается при сушке за счет естественной глинистой компоненты.

В камерных топках (рис. 2.3, топливо вместе с воздухом подается в топку прямыми или закрученными потоками через горелочные устройства, воспламеняется за счет лучистого теплообмена с ядром факела и горячими стенками, эжектируется высокотемпературным потоком продуктов сгорания к корню факела и далее горит в факеле по ходу потока. Для сжигания в факеле пригодно газообразное, жидкое и твердое топливо, размолотое до пылевидного состояния, но в силу их различной удельной скорости горения (реакционной способности) последнее требует большего времени выгорания. При факельном сжигании время пребывания частиц в топке определяют делением объема топки на расход продуктов сгорания при среднетопочной температуре. Для котлов одинаковой паропроизводительности расход продуктов сгорания при номинальной нагрузке слабо зависит от вида топлива. Поэтому чем больше реакционная способность топлива, тем меньший минимальный объем топки  $V_t$  нужен для его сжигания. В энергетике реакционную способность топлива учитывают обратным показателем – допустимой тепловой напряженностью топочного объема  $qv$ , которая связана с минимальным объемом топки соотношением:

$$V_{t\min} = V_p \cdot Q_{nr} / qv,$$

где  $V_p$  – расчетный расход топлива,  $Q_n$  – низшая теплота сгорания.

Значения  $qv$  и  $V_t$  для разных видов топлива (применительно к факельной топке котла паропроизводительностью 75 т/ч) приведены в табл. 2.1. При анализе данных надо учесть, что у котлов с жидким шлакоудалением среднетопочная температура выше, чем у котлов с твердым. Можно видеть, что за исключением фрезерного торфа, которому необходимо дополнительное время на испарение влаги,

для всех видов топлива  $qV$  увеличивается, а  $V_{\text{тмин}}$  снижается в полном соответствии с реакционной способностью. Величина  $V_{\text{т}}$  для природного газа вдвое меньше, чем для каменного угля. При проектировании объем топки принимают в 1,05–1,6 раза большим  $V_{\text{т}}$ , при этом значение  $qV$  ни в коем случае не должно превышать допустимое. Отсюда следует, что в топках, спроектированных для сжигания угля, можно сжигать газ, но не наоборот.

Перед сжиганием в камерных топках твердое топливо размалывают до пылевидного состояния в специальных мельницах, поэтому содержание мелочи в исходном топливе не только не критично, а даже желательно. Однако поскольку условия стабильного воспламенения, горения и шлакоудаления определяются тепловым балансом нижней части топки, где расположено ядро факела, требования к зольности и влажности топлива у камерных топок наиболее жесткие. В большинстве случаев проектным топливом является уголь с зольностью менее 20–22% и влажностью менее 10–14%. При более высокой зольности необходимы либо специальная конструкция топки, либо подсветка факела природным газом или мазутом. Влажность же критична потому, что выше определенного ее значения угольная пыль залегают в трубопроводах и промежуточных бункерах. Хотя мельницы продуваются нагретым воздухом или горячими продуктами сгорания, т.е. подсушивают топливо до допустимой влажности пыли, сушильная производительность мельниц в каждом конкретном случае ограничена.

Таблица 2.1 Характеристики допустимой тепловой напряженности топочного объема и минимального объема топки для котлоагрегатов БКЗ-75-39

Вид топки	Топливо	$qV$ , кВт/м <sup>3</sup>	$V_{\text{тмин}}$ , м <sup>3</sup>
С твердым шлакоудалением	Антрацит	140	443
	Тощий уголь	160	388
	Каменные угли	175	354
	Бурый уголь	185	335
		160	388

	Фрезерный торф		
С жидким шлакоудалением	Антрацит	145	428
	Тощий уголь	185	335
	Каменные угли	185	335
	Бурый уголь	210	295
	Мазут	290	215
	Природный газ	350	177

Камерными топками оснащены котлоагрегаты ТЭС Украины паропроизводительностью до 960 т/ч, за исключением котла блока №4 Старобешевской ТЭС на 670 т/ч, реконструированного с переводом на сжигание антрацита и антрацитового шлама в ЦКС.

С точки зрения содержания серы, выбросы которой с дымовыми газами в окружающую среду сейчас существенно ограничиваются, в пересчете на горючую массу топлива можно выделить низко(торф, биоотходы – до 5 кг/т), средне(каменные угли и антрацит – 10–30 кг/т) и высокосернистое (все виды бурогоугольной продукции, шламы – больше 40 кг/т) топливо. При сжигании в неподвижном слое и в камерных топках выбросы SO<sub>2</sub> составляют более 4000 мг/нм<sup>3</sup> при норме выбросов 3500 мг/нм<sup>3</sup> для действующих котлов и 200 мг/нм<sup>3</sup> для новых. Очевидно, что для топок камерных и с неподвижным слоем необходима сероочистка дымовых газов. Для топок с кипящим и циркулирующим кипящим слоем 90% и более серы может связываться подаваемым в топку известняком.

### **Распределение потоков и качество поставляемых энергетических углей в Украине**

В связи с недостаточными инвестициями в угледобывающую отрасль и износом шахтного оборудования добыча угля в Украине с 1990 по 1997 г. снизилась от 164,8 до 74,5 млн. т. В настоящее время

годовая добыча угля стабилизировалась на уровне 76–83 млн. т. Около 53% общего объема (табл. 2.2) составляет добыча энергетических углей – марок Д, ДГ, Г, Т, А (уголь марки Ж поступает в энергетику только из Львовско-Волинского бассейна, из Донбасса – на коксование; днепровский бурый уголь сжигается только на ТЭЦ г. Александрия).

В условиях СССР в ОЭС Украины пылеугольные энергоблоки ТЭС должны были обеспечивать несение базовой нагрузки, а регулирование переменной части суточного графика нагрузок – газомазутные блоки ТЭС и ГЭС. Поэтому проектным диапазоном регулирования нагрузки существующих пылеугольных котлоагрегатов являются 80–100%. Для этого диапазона установлено, что максимальная зольность для сжигания без подсветки составляет: углей марок А, Т – 25–27% (низшая теплота сгорания не менее 5200 ккал/кг), углей марок Г, ДГ, Д – 27–30% (низшая теплота сгорания не менее 4800 ккал/кг). В настоящее время ситуация существенно изменилась: до половины производства электроэнергии обеспечивается энергоблоками АЭС, способными нести только базовую нагрузку, возможности регулирования ГЭС и ГАЭС ввиду недостаточной мощности ограничены, а газомазутные блоки ТЭС не обеспечиваются природным газом. В этих условиях задачи регулирования нагрузки возлагаются в значительной мере на пылеугольные блоки. В 2000–2007 гг. средняя нагрузка пылеугольных блоков составляла 70–75%, на практике это означает остановку части блоков для прохождения ночных провалов в графике нагрузок и периодическую работу при нагрузке 60% и ниже. При такой нагрузке обеспечить возможность сжигания без подсветки может снижение максимальной зольности: углей марок А, Т – до 21–23% (низшая теплота сгорания не менее 5600 ккал/кг), углей марок Г, ДГ, Д – до 22–24% (низшая теплота сгорания не менее 5200 ккал/кг).

Из таблицы видно, что по среднему уровню зольности рядовые энергетические угли не соответствуют требованиям для пылевидного сжигания на ТЭС, что вызывает необходимость обогащения. Угли на ТЭС

поступают как в рядовом виде (размер частиц 0–200 мм) с шахт, так и через обогатительные фабрики (ОФ). На входе ОФ рядовой уголь сортируют на классы крупности. С ОФ на ТЭС поступает уголь, как правило, мелких классов (0–6 мм, штыб, – для антрацитов, 0–13, семечко-штыб, или 0–25 мм – для каменных углей); крупные классы обогащают в тяжелосредних сепараторах и отсадочных машинах до зольности менее 10% и под наименованием «сортовых углей» поставляют в металлургию, коксохимию, коммунальную и промышленную энергетику, на коммунально-бытовые нужды. Из-за исключения крупных классов доля угля, поступающего на ТЭС, является меньшей, чем доля энергетических углей в общей добыче (рис. 2.4). Мелкие классы также могут обогащаться (в отсадочных машинах и флотацией), однако не на всех фабриках, поэтому с большей части ОФ они поступают на ТЭС в виде сухого отсева, зольность которого близка к рядовому углю. Кроме того, на многих ОФ подмешивают в сухой отсев или поставляют на ТЭС отдельно шламы (отходы смывки мелочи перед мокрым обогащением сортовых углей) и промпродукт каменных углей с зольностью 37–45%. Производственная мощность ОФ соответствует гораздо большему, чем нынешний, уровню добычи угля: для энергетических углей только на современных фабриках, способных обогащать мелкие классы, она составляет более 45 млн. т в год, т.е. эти ОФ имеют большой запас по загрузке.

Чтобы понять распределение потоков энергетических углей, необходимо учесть важную технологическую особенность процесса их обогащения. Дело в том, что крупные классы обогащаются до гораздо меньшей зольности, чем классы, содержащие мелочь, и с меньшими потерями горючей массы с отходами (табл. 2.3).

Ввиду лучших технологических свойств малозольных сортовых углей их удельная цена (в пересчете на т у.т.), и тем более в натуральном измерении, выше, чем цена углей, содержащих мелочь, и более высокозольных продуктов.

С другой стороны, для пылевидного сжигания на ТЭС сортовые угли малопригодны: они не содержат мелочь и требуют повышенных удельных затрат на размол, а при зольности меньше 10–12% условия их камерного сжигания нарушаются, поскольку безвозвратно расходуется гарнисажное (образованное пленкой застывшего шлака) теплозащитное покрытие стенок нижней части топки. Поэтому ясно, что на ТЭС должны поставляться обогащенные штыбы, семечко-штыбы и концентрат 0–100. Но поскольку потери при их обогащении выше, их поставка на ТЭС может быть налажена только при условии правильной ценовой политики. До 2002 года в цене концентрата мелких классов потери при обогащении не учитывались, в результате их поставка была невыгодной для угольных предприятий, и распределение потоков энергетических углей имело вид, как на рис. 2.5,а:

- в пересчете на условное топливо из 25,5 млн. т у.т. добытых энергетических углей до ТЭС доходило менее 18 млн. т у.т., остальное уходило в виде сортовых углей другим потребителям (около 5 млн.т у.т.) и отходов (более 2,5 млн. т у.т.);
- абсолютное большинство энергетических углей поступало на ТЭС необогащенным в виде высокозольного рядового угля, отсева, шлама, промпродукта.

Таблица 2.2 Добыча энергетических углей предприятиями Минуглепрома в 2006 г.

Марка угля		Добыча рядового угля, млн. т/год	Зольность рядового угля Ad, %
Энергетические	Д, ДГ, Г, Ж	21,940	42,3
	Т, А	23,447	35,5
	Б	0,313	22,8
	Всего	45,700	38,5

Коксующиеся	Всего	29,327	38,3
<b>Всего угля</b>		<b>75,027</b>	<b>38,4</b>

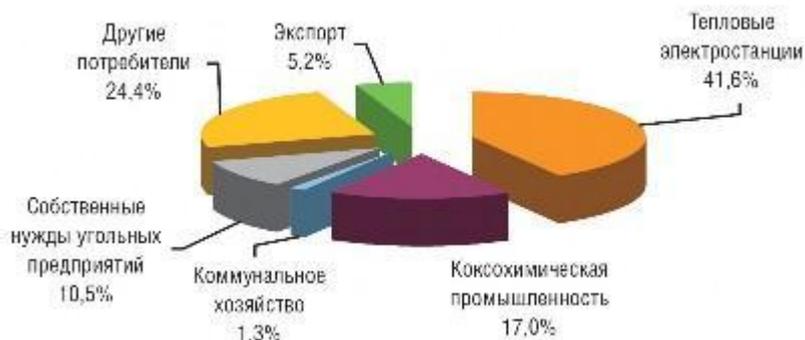


Рис. 2.4. Структура

потребления угля в Украине в 2005 г.

После ввода в действие ДСТУ 4083-2002 «Вугілля кам'яне та антрацит для пиловидного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови» угольные потоки существенно перераспределились. Поставка на ТЭС рядового антрацита практически прекратилась, каменных углей – значительно сократилась, при этом их зольность снизилась до 30%. Из добытых в 2006 г. 45,4 млн. т энергетических углей через ОФ было пропущено 32,3 млн. т (рис. 2.5,б), причем это пропускание уже не сводилось к простому отсеvu мелких классов для ТЭС. Выход отсева сократился до 4,4 млн. т, его средняя зольность снизилась до 32%. Увеличился выход концентрата мелких классов – до 11,0 млн. т, зольность обогащенных мелких классов, включая Т 0–100, снизилась до 20–26%. В период 2003–2006 гг. средняя зольность поставляемых на ТЭС углей снизилась до 24–26%, средняя низшая теплота сгорания повысилась до 5150–5250 ккал/кг (рис. 2.6). В 2006 г. поставка угля на ТЭС в натуральном исчислении не отличалась от 1997 г., но в условном исчислении за счет повышения его качества повысилась до 21 млн. т у.т., что позволило частично компенсировать сокращение поставки на ТЭС природного газа.

Таблица 2.3 Характерная зольность некоторых продуктов обогащения энергетических углей

Марка угля	Сорт, крупность, мм	Зольность Ad, %
------------	---------------------	-----------------

А	АК 50-10 0	7,0
	АО 25-5 0	7,9
	АМ 13-2 5	8,4
	АС 6-1 3	10,7
	АШ 0-6 обогащенный	19-2 2
	АШ 0-6 отсев	24-2 8
	А 0-1 00	24,8
Т	Т 0-1 00	21-2 2
Г	Г 13-1 00	17,4
	Г 0-1 00	19-2 4
	Г 0-13 концентрат	24-2 6
Д Г	ДГ 13-10 0	9,3
	ДГ 0-10 0	15-2 2
	ДГ 0-13 концентрат	22-2 6

	ДГ отсев	0-13	25-3 1
--	-------------	------	-----------

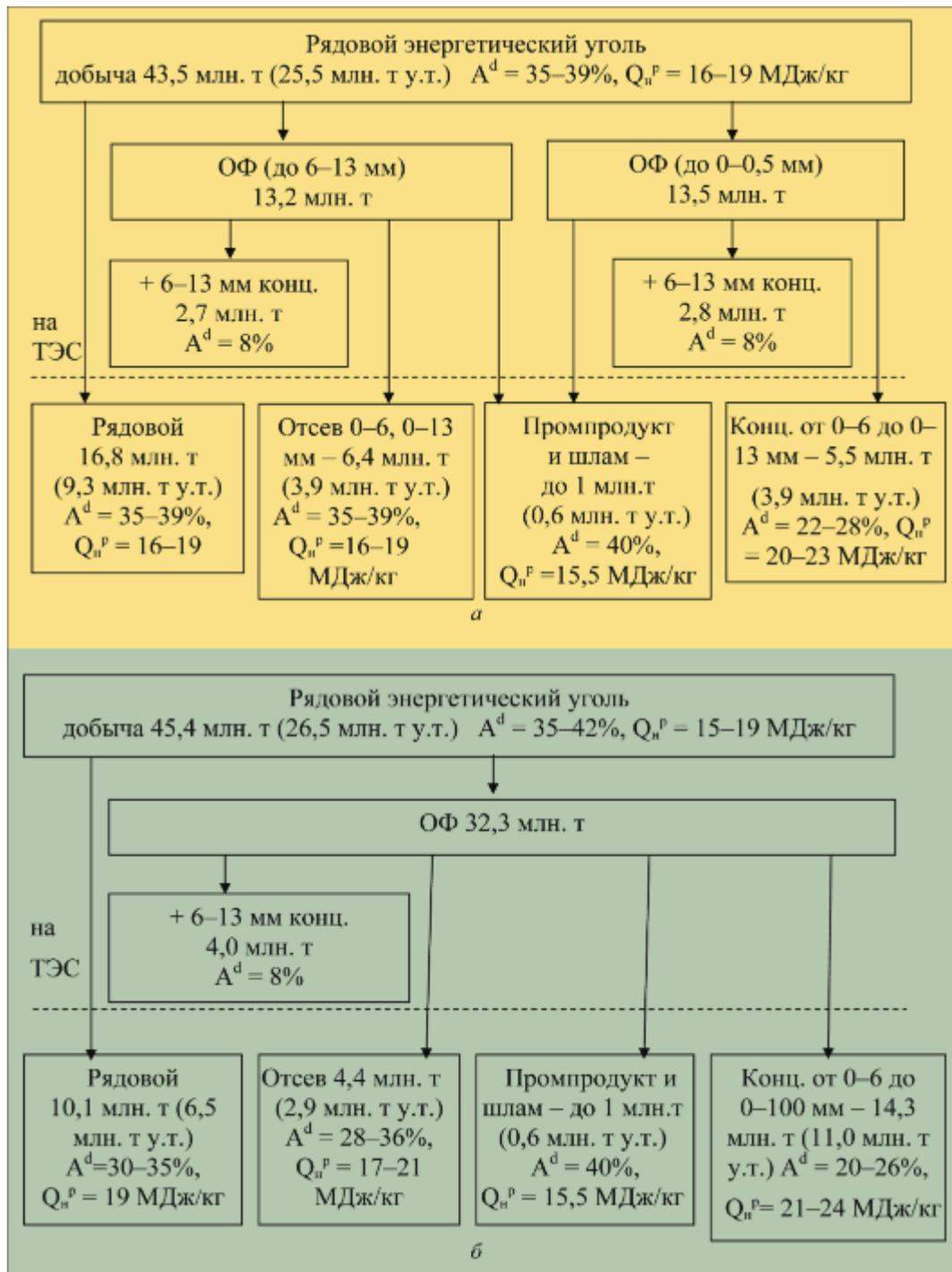


Рис. 2.5.

Распределение потоков энергетических углей в Украине: а – в 1997 г.; б – в 2006 г., где  $A^d$  – зольность на сухую массу,  $Q$  низшая теплота сгорания топлива

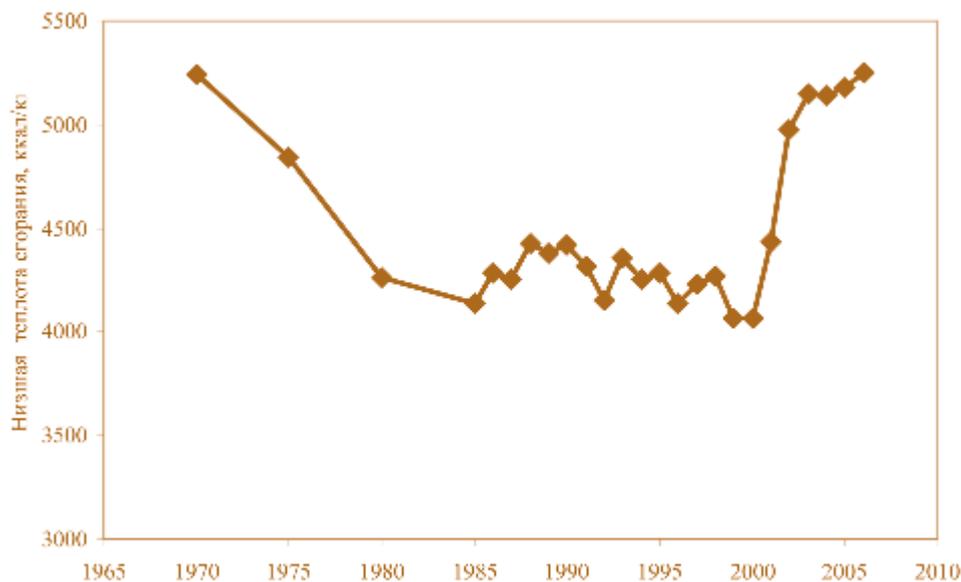


Рис. 2.6.

Динамика средней калорийности углей, поступивших на ТЭС Украины

## **Условия топливообеспечения коммунальной и промышленной теплоэнергетики в Украине**

Несмотря на статус «малой» энергетики, коммунальные и промышленные котлы занимают существенное место в топливопотреблении. Так, в Украине сейчас эксплуатируются более 26 тыс. коммунальных котельных, в которых установлено около 65 тыс. паровых и водогрейных котлов различной производительности, разных конструкций и степени изношенности. В основном это водогрейные котлы с топкой неподвижного слоя на колосниковой решетке НИИСТУ-5 и «Универсал» тепловой мощностью до 1 МВт, паровые котлы ДКВР с топкой неподвижного слоя на цепной решетке тепловой мощностью до 16 МВт, водогрейные котлы с камерной топкой типов КВГ, ТВГ, ПТВМ, КВГМ тепловой мощностью от 2 до 200 МВт. Кроме котлов перечисленных типов, несколько тысяч промышленных котельных оснащены паровыми котлами с камерной топкой (БКЗ и др.) паропроизводительностью 35–75 т/ч. Абсолютное большинство котлов, даже изначально спроектированных для сжигания твердого топлива, к 2000 году были переведены на сжигание природного газа. Сейчас только коммунальная энергетика потребляет природного газа более 25 млрд. м<sup>3</sup> год. Быстрый рост цены природного газа при его высоком потреблении в нынешних условиях

вызывает необходимость диверсификации топливообеспечения «малой» энергетики с переводом части котлов на сжигание угля, их реконструкцией или полной заменой и вовлечением в топливную базу коммунальной и промышленной теплоэнергетики местных и забалансовых видов топлива – бурого угля, торфа, шламов, сухих отходов углеобогащения, биоотходов.

В общей сложности это может дать «малой» энергетике твердого топлива до 6–9 млн. т у.т. в год. Еще на 1–2 млн. т у.т. в год можно рассчитывать за счет увеличения выпуска сортовых энергетических углей.

При этом потребуются большой объем реконструкции и замены котлов на современные, более эффективные и экологически чистые, с пониженными требованиями к качеству топлива. На тепловую мощность больше 40 МВт наиболее пригодны серийные котлы с прямоточным или специальные с вихревым факелом и котлы с ЦКС; 1–40 МВт – серийные с неподвижным или с кипящим слоем; до 1 МВт – с неподвижным слоем и двухзонным сжиганием, с механизированной топливоподачей. Из разных видов местного и забалансового топлива можно рекомендовать:

- торфяные и буроугольные брикеты – для сжигания в неподвижном слое;
- рядовые угли, в том числе бурый – для сжигания в прямоточном и вихревом факеле с размолем, в ЦКС и кипящем слое – с дроблением, в неподвижном слое – с отсевом мелочи;
- угольную мелочь – для сжигания в прямоточном и вихревом факеле с размолем, в ЦКС – с дроблением, в кипящем слое – без дробления;
- шламы – для сжигания в прямоточном и вихревом факеле с обогащением, сушкой и размолем, в ЦКС, кипящем и неподвижном слое – с окомкованием или гранулированием;
- крупные отходы древесины – для сжигания в кипящем слое, ЦКС или специальных топках;
- мелкие отходы древесины, биомассу – для сжигания в вихревом факеле с дроблением, в кипящем слое и ЦКС

– без дробления, в неподвижном слое – с пакетированием.

## **Условия топливообеспечения ТЭС в Украине**

Начиная с 2003 года на ТЭС в результате улучшения качества поставляемых углей существенно сократилось использование природного газа на подсветку. Особенно заметным это оказалось на ТЭС, сжигающих антрацит и тощие угли (табл. 2.4).

В 2007 г. цена украинского энергетического угля была повышена до 400–430 грн./т у.т., т.е. практически до уровня среднемировых цен. Одновременно введена прогрессивная шкала скидок за качество, в результате чего зольность угля, поставляемого на ТЭС, снизилась до уровня (по маркам): А – 22–23% (5650 ккал/кг), Т – 23–25% (5600 ккал/кг), Г – 21–24% (5300 ккал/кг). Это обеспечило работу пылеугольных энергоблоков в условиях снижения поставок природного газа до 1,2 млн. т у.т., или 5% в их топливной базе, – уровень, практически соответствующий только потребностям пусков блоков и исключаяющий подсветку.

С учетом вытеснения природного газа можно прогнозировать увеличение годовой потребности ТЭС Украины в твердом топливе с 18–21 млн. т у.т. в 2000–2006 гг. до 25–26 млн. т у.т. в 2010 г., что требует вовлечения забалансового топлива и повышения эффективности использования угля на ТЭС.

Использование шламов и углеродсодержащих сухих отходов обогащения антрацита возможно как на новых ЦКС-энергоблоках, так и на пылеугольных энергоблоках ТЭС. Однако, если последние требуют обогащения отходов до приемлемого уровня зольности 24–28%, то для сжигания в ЦКС шламам необходима только сушка с окомкованием (агломерацией за счет собственной глинистой компоненты), а сухим отходам антрацита – отсеивание мелкой фракции с зольностью ниже 50%.

Использование шлама в качестве основного топлива планируется на блоке №4 Старобешевской ТЭС, реконструированного по технологии сжигания в ЦКС.

Повышение эффективности использования угля на ТЭС является серьезным дополнительным ресурсом.

В настоящее время в Украине удельный расход топлива на отпуск электроэнергии на ТЭС составляет 390–420 г у.т./кВт·ч, в то же время в мире в среднем – 290–330 г у.т./кВт·ч, в России – 385–395 г у.т./кВт·ч. Его снижение хотя бы до 360–365 г у.т./кВт·ч эквивалентно увеличению поставок угля на 10–15%.

Таблица 2.4 Структура топливной базы ТЭС Украины с блоками 300 МВт, сжигающих антрацит и тощий уголь, по годам, % у.т.

ТЭС	2001 г.			2005 г.		
	уголь	газ	мазут	уголь	газ	мазут
Змиевская	63,4	36	0,6	86,4	13,5	0,1
Приднепровская	71,8	26,9	1,3	77,4	21,4	1,2
Трипольская	69,4	29,2	1,4	80,3	19,6	0,1
Криворожская	68,1	30,9	0,9	81,4	18,2	0,4

В 2000 году в Китае на ТЭС «Суйчжун» проектной мощностью 1600 МВт были пущены два энергоблока единичной мощностью по 800 МВт на сверхкритических параметрах пара. Эта ТЭС расходует 320 г у.т./кВт·ч, что является одним из лучших в мире показателей. В перспективе снижению этих показателей будет способствовать внедрение новых высокоэффективных технологий. Применение современных технических регламентов и стандартов также является важным фактором повышения качества энергетической угольной продукции.



Старобешевская ТЭС