

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

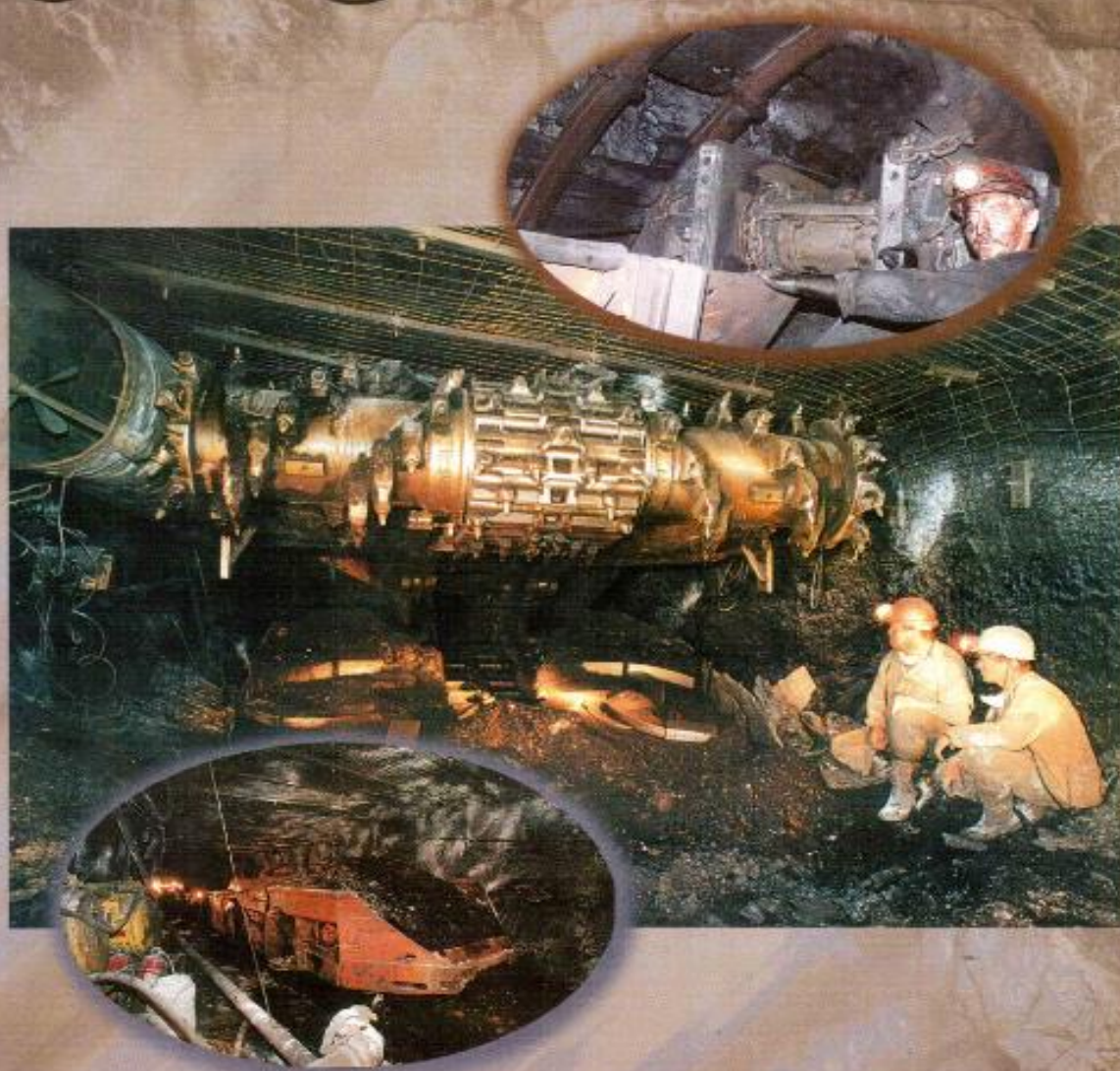
ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА
ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ
ОБЩЕСТВА
ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

7-2002



Многократный лауреат
журналистского конкурса
ТЕГАС



Многократный
лауреат ВВЦ



Департамент угольной
промышленности
Калиты



Департамент Минеральных
ресурсов и энергетики
ЭКСПО-ЭКО-ЭКО

Основные направления и принципиальные особенности технологической интеграции энергоугольных производств



А.В. ИЛЬЮША
Д-р техн. наук
(Государственный
университет управления)

В связи с намечившимся в последнее время увеличением в структуре топливно-энергетического баланса страны роли угля все более важное значение приобретает проблема обоснования перспективных направлений развития самой угольной отрасли. Рациональный топливно-энергетический баланс страны является одной из решающих предпосылок для эффективного функционирования и развития экономики любого государства, в особенности на таких переломных отрезках времени, переживаемых сегодня Россией, как переход от планового централизованного управления экономикой к рыночным механизмам хозяйствования. С одной стороны, именно отрасли топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны все эти перестроенные годы не только обеспечивали стабилизирующую роль в жизни общества, но и создавали реальные предпосылки для выживания и развития других сфер экономической деятельности, а иногда и целых регионов. С другой стороны, сами отрасли ТЭК столкнулись (хотя, разумеется, и в различной степени) с рядом трудностей и проблем, начиная от нехватки финансовых средств на обеспечение текущей хозяйственной деятельности и вплоть до резкого возникших угроз полной депрессии и угасания целых регионов, еще недавно служивших источниками снабжения топливом и энергией. Наибольшие испытания в этом смысле вытлали на долгие российской угольной промышленности, и так или иначе они затронули практически все угледобывающие регионы России.

Экономическая эффективность, жизнестойкость и конкурентоспособность той или иной отрасли ТЭК напрямую зависят от объективных потребительских свойств и качества того энергоносителя и конечных продуктов, с которыми она имеет дело, от той роли и места, которые данная отрасль занимает в системе отраслей ТЭК, с также от того научного уровня и технологического потенциала, которым она располагает на перспективу. Так или иначе, все это находит свое отражение в топливно-энергетическом балансе страны и непосредственно предопределяет уровни использования основных видов органического топлива при производстве электроэнергии. Однако очевидно и то, что именно структура топливно-энергетического баланса страны как важнейшего, своего рода программного документа предопределяет и перспективность той или иной отрасли ТЭК.

Сегодня использование природного газа в топливном балансе России перевалило за 42%, углем обеспечивается 24% потребностей в топливе, и лишь 4% приходится на мазут. При производстве электроэнергии в России доля угля упала до 16%, в то время как в остальном мире в целом выработка электроэнергии за счет сжигания угля обеспечивается примерно на 40%. В течение ряда последних лет в Китае и США, например, ежегодно добывается более чем по 1 млрд т угля, основная масса которого идет на выработку электроэнергии. В России же добыча угля в последние годы снизилась до 240 - 250 млн т в год, и лишь 30 - 40% этой добычи направляется на электростанции.

Налицо, таким образом, устойчиво сложившийся перекос топливно-энергетического баланса страны, и сохранение высокой доли природного газа при производстве электроэнергии несет в себе угрозу энергетической безопасности России.

В настоящее время в России ведутся работы по реализации широкомасштабного газозападного проекта, предполагающего значительное сокращение потребления природного газа электростанциями ЕЭС России и перевод ряда из них с газозападного топлива на бурый уголь за счет увеличения его добычи, главным образом на Канско-Ачинском угольном месторождении Красноярского края.

Однако имеющаяся сегодня практически одновариантная концепция реализации этого газозападного проекта, предусматривающая перевод на уголь именно работающих газовых электростанций РАО "ЕЭС России" и существенное увеличение добычи угля практически только в Красноярском крае, порождает ряд серьезных проблем, прежде всего для ЕЭС России (снижение эффективности и гибкости производства электроэнергии, увеличение нагрузки на окружающую среду и т.д.), фактически мало что решает в социально-экономическом плане для наиболее кризисных угледобывающих регионов (Кузбасс, Южный Урал, Ростовская область) и ведет к усложнению и без того тяжелой ситуации с транспортировкой больших количеств угля из восточного региона страны на Урал и далее на запад. Поэтому, исходя из стратегической важности реализации данного газозападного проекта для всей экономики России, представляются крайне важными разработка и тщательное технико-экономическое и финансовое обоснование альтернативных вариантов и возможностей осуществления этого проекта.

Таким альтернативным вариантом (концепцией) реализации газозападного проекта могло бы явиться создание на базе угольных шахт объектов энергетики небольшой и средней мощности (ориентировочно до 100 - 150 МВт) с выходом на требуемые объемы снижения потребления газа электростанциями и при сохранении основных целей самого газозападного проекта. Реконструкция шахт в объекты энергетики может осуществляться в наиболее благоприятных случаях путем относительно несложного дооборудования имеющихся шахтных котельных турбогенераторами для выработки электроэнергии и позволила бы избежать весьма сложных проблем, имеющих место при осуществлении газозападного проекта по предыдущему варианту.

Сегодня угольной промышленности отводится традиционная роль сырьевой отрасли ТЭК. Однако сохранение существующей роли и места угольной промышленности в системе отраслей ТЭК при сохранении на длительную перспективу существующих, так называемых "механических" технологий добычи и использования угля будет лишь консервировать многие застарелые болезни отрасли и лишить ее перспектив на будущее. Следует признать, что перспективное развитие угольной отрасли целе-

сообразно и возможно только на основе магистральных путей развития, по которым сегодня уже движутся другие отрасли ТЭК и современная экономика в целом. Одним из перспективных направлений является интеграция предприятий угольной промышленности и электроэнергетики в рамках так называемых энергоугольных компаний. Основными источниками потенциального социально-экономического эффекта от интеграции, как известно, являются: концентрация материальных, трудовых и финансовых ресурсов в единой управляющей системе; концентрация специализированных производств в области ремонта, материально-технического снабжения, транспорта, строительства; повышение оперативности и качества управления; повышение скорости оборота капитала; повышение надежности работы всех звеньев единой технологической цепи от добычи топлива до производства энергии и других конечных продуктов; последовательное развитие технологии добычи, переработки и сжигания топлива.

Следует отметить, однако, что развитие интеграционных процессов в электроэнергетики и угольной промышленности до последнего времени фактически происходит на уровне этих отраслей ТЭК или, точнее, даже на региональном уровне. Сегодня речь идет об интеграции энергоугольного производства на чисто организационно-экономическом уровне, и при этом мало затрагивается уровень отдельных предприятий, то есть уровень непосредственной физической "стыковки", или, скажем так, уровень соединения собственно технологических процессов добычи и переработки угля в конечные продукты в виде тепла и электроэнергии.

Однако, как показывают результаты предварительных проработок, именно интегрирование непосредственно самих звеньев технологической цепи добычи и переработки топлива в конечный продукт в виде тепла и электроэнергии, то есть интеграция энергоугольных производств непосредственно на технологическом уровне является наиболее интенсивным путем увеличения прироста прибыли на единицу конечной продукции. Это достигается за счет существенного снижения издержек производства, вследствие того или иного сокращения или даже полной ликвидации отдельных стадий производства (например, транспортных издержек) и целых технологических звеньев на пути от залегания угля в пластах до получения конечных продуктов в виде электроэнергии и тепла.

В последнее время наметилось некоторое оживление научной дискуссии вокруг проблем угольной промышленности [1]. К сожалению, дискуссия по проблемам угольной промышленности все-таки остается на уровне существующих проблем и "болячек" отрасли, то есть ведется в ракурсе "как сделать шахту рентабельной" и, как правило, мало затрагивает именно фундаментальные вопросы и особенности перспективного развития отрасли. Между тем ответы на эти вопросы настолько просты, настолько и чрезвычайно сложны. Необходимо сделать так, чтобы сами угольные шахты превратились из поставщиков исходного сырья - топлива и потребителей дорогостоящих энергетических продуктов - электрической энергии прежде всего в производителей этого конечного, наиболее ценного вида энергии, причем не только для собственных нужд, но и для поставок на рынок.

На наш взгляд, кардинальное решение многочисленных проблем отрасли достижимо лишь путем создания на базе угольных шахт как объектов с весьма специфической пространственно-компоновочной структурой подземных энерготехнологических комплексов. Объединяющих в себе в конечном итоге все технологические звенья и процессы на пути от места залегания угля в пластах до получения конечного продукта в виде электрической и, разумеется, тепловой энергии. В конце концов, только такая, как принято сегодня говорить, вертикальная интеграция

производства уже стала фактически главенствующим направлением развития в таких стратегически важных и весьма непохожих даже друг на друга отраслях, как нефтяной комплекс и алюминиевая промышленность. Достаточно лишь указать, например, что в алюминиевой промышленности "...каждая крупная мировая компания в этой отрасли имеет сильную вертикально-интегрированную структуру, осуществляющую как производство первичного сырья, так и производство самого алюминия и достаточно высоких степеней его передела" [2]. Вертикально-интегрированные нефтяные компании (ВИНК) сегодня и вовсе уже являются основным хозяйствующим субъектом не только на мировом рынке нефти и нефтепродуктов, но и даже в экономике нынешней России.

Поэтому перспективное развитие угольной промышленности России, конечно же, не только не может игнорировать эти важнейшие экономические процессы, но и, безусловно, должно полностью базироваться на них, поскольку сохранение статуса угледобывающих предприятий как поставщиков исходного энергетического сырья - топлива будет лишь консервировать, как уже говорилось ранее, многие застарелые проблемы и болезни угольной отрасли. И, напротив, диверсификация и расширение производства на шахтах в направлении выработки и реализации конечных продуктов в виде тепла и электроэнергии, а также других перспективных продуктов глубокой переработки угля открывают принципиально новые пути и возможности для развития угольной промышленности.

Превращение угледобывающих предприятий в независимых производителей электрической энергии полностью укладывается также и почти во все известные концепции реформирования и реструктуризации деятельности Единой энергетической системы России, предполагающие в целях развития конкуренции на федеральном и региональном рынках энергии и мощности увеличения почти на порядок числа независимых производителей электрической и тепловой энергии. Для реализации этой, по нашему мнению, в высшей степени перспективной концепции несколько лет тому назад нами [3 - 5] был предложен ряд технологических схем и основных принципов, позволяющих приступить к практическому созданию подземных энерготехнологических комплексов как принципиально новых энергетических объектов путем той или иной реконструкции действующих угольных шахт на первом этапе, разработки и освоения принципиально новых технологий и способов отработки угольных пластов и месторождений - в последующем.

При этом первостепенное значение имеет установление исходных, то есть базовых, технологических схем подземных энергокомплексов, позволяющих обоснованно подходить к выбору наиболее рациональных технико-технологических решений по их созданию в каждом конкретном случае во всем диапазоне возможных решений. Начиная от простейшего - тривиального случая в виде простой суммы угледобывающего предприятия - шахты и тепловой угольной электростанции и вплоть до гипотетически идеальных схем, обеспечивающих получение конечных продуктов электро- и теплоснабжения непосредственно на месте залегания угля в пластах с тем или иным сочетанием других источников и способов получения и преобразования энергии. При столь общих исходных предпосылках для установления совокупности базовых технологических схем подземных энергокомплексов принят вид материально-энергетических потоков, циркулирующих в схеме энергокомплекса между его подземным пространством и дневной поверхностью, а для дальнейшей их конкретизации используются такие факторы, как техника и технология "добычи" угля или отработки месторождения, наличие в схеме энергокомплекса других источников получения энергии, их вид и т.д.

Первый тип подземных энергокомплексов составляет совокуп-

ность технологических схем, которые предусматривают ту или иную степень переработки твердого топлива в подземных условиях шахты в более обогороженные виды энергетического топлива и выдачу их на дневную поверхность для последующего использования, таких прежде всего, как генераторный газ (синтез-газ), топливная композиция в виде смеси генераторного газа и пылевидного твердого топлива, водоугольная суспензия (ВУТ) и т.д.

Ко второму типу относятся базовые технологические схемы энергокомплексов, в которых между дневной поверхностью и подземным пространством шахты циркулирует промежуточный энергоноситель или, точнее говоря, то ли иное рабочее тело, используемое уже непосредственно в том или ином термодинамическом цикле преобразования энергии и получения конечных продуктов электро- и теплоснабжения. Прежде всего это, конечно, обычный водяной пар (вода), которые и сегодня наиболее широко используются в современной теплоэнергетике.

Наконец, третий тип базовых технологических схем составляют подземные энергокомплексы, предусматривающие выработку в подземных условиях - в шахте конечных продуктов электро- и теплоснабжения с последующей выдачей их на дневную поверхность для поставки потребителям.

Целесообразность превращения угледобывающих предприятий в непосредственных производителей электрической энергии подтверждается очевидным простейшим расчетом. Как известно, одна тонна энергетического угля на мировом рынке стоит примерно 20 - 25 дол. США. Если же выработать из этой тонны угля около 3 000 кВт·ч электрической энергии (при обычном удельном расходе порядка 333 г условного топлива на 1 кВт·ч электроэнергии), то при средней мировой цене электроэнергии 3 - 4 цента за 1 кВт·ч выручка от продажи электроэнергии может составить 90 - 120 дол. США, то есть будет в 3 - 5 раз большей.

Диверсификация и расширение основного производства на угледобывающих предприятиях за счет вертикальной интеграции может осуществляться и несколькими иными, не менее перспективными путями. Речь идет, прежде всего, о применении на угледобывающих предприятиях технологий и установок по переработке угля в особо ценные виды высокоэффективных и экологически чистых синтетических моторных топлив, таких, например, как диметриловый эфир (ДМЭ). Тем более что именно сжиженный природный газ и синтетические моторные топлива, как известно, являются одним из приоритетов и только что принятой Энергетической стратегии России.

Применение этого высококачественного дизельного и энергетического топлива, альтернативного нефтяному, настолько перспективно, что и многие зарубежные компании и фирмы (BP, Marubeni, NKK, Air Products & Chemicals Inc.), и ряд российских предприятий [6] ведут работы по промышленному освоению этого весьма привлекательного в коммерческом отношении направления. Это обусловлено тем, что ДМЭ как моторное топливо, в частности, имеет более высокое цетановое число (55 - 60 в отличие от 40 - 55 для нефтяного дизельного топлива), а при его сгорании в выхлопных газах практически отсутствуют сажа и оксиды азота.

Независимо от технологии промышленного синтеза ДМЭ получение этого топлива проходит стадию образования метанола путем риформинга природного газа в синтез-газ (смесь водорода и окиси углерода), на которую приходится почти две трети общих энергетических затрат на процесс. Последующие же стадии каталитического превращения синтез-газа в смесь метанола и ДМЭ, а затем их разделения требуют значительно более низких энергозатрат, но являются достаточно капиталоемкими.

Сегодня некоторые зарубежные фирмы (NKK, Air Products & Chemicals Inc.) уже имеют опытно-промышленные техноло-

гии и установки производства ДМЭ из угля в шламовых реакторах, работающих при соотношениях H_2/CO от 0,7 до 1. По данным корпорации NKK (Япония), установка по производству 2 500 т/сут ДМЭ будет перерабатывать 4 000 т угля в сутки. Синтез ДМЭ осуществляется при температуре 250 - 270°C и давлении 30 - 70 атм, конверсия за один цикл прохода метанола составляет 55 - 60% и на выходе реактора ДМЭ равно 95 - 99%. Минимальная стоимость такой установки - 365 млн дол. США.

Ориентировочный расчет экономической эффективности работы такой установки по специально разработанной Excel-программе, выполненный при следующих исходных данных:

♦ производительность установки по ДМЭ, млн т/год	0,83
♦ стоимость 1 т у.т., \$/т	50
♦ стоимость установки, млн \$	365
♦ дополнительные капитальные вложения, \$/т ДМЭ	18,5
♦ прочие переменные издержки, \$/т ДМЭ	5,5
♦ транспортные расходы по доставке ДМЭ, \$/т ДМЭ	2,5
♦ длительность эксплуатации установки, годы	20

подтверждает достаточно высокую экономическую эффективность осуществления такого проекта.

При расчетах определялись стандартные показатели характеризующие эффективность проекта: чистый дисконтированный доход NPV = 359,85 млн \$; внутренняя норма доходности IRR = 26%; индекс доходности PI = 0,95 и $t_d = 6$ лет.

Как видим, при принятых исходных данных не все критерии эффективности, строго говоря, свидетельствуют в пользу реализации данного проекта. Так, индекс доходности проекта несколько меньше единицы, хотя другие показатели, такие, как IRR и дисконтированный срок окупаемости, достаточно высоки.

Ситуация в этом смысле изменяется существенным образом при изменении таких параметров, как ставка дисконтирования, цена исходного топлива, ставка налогообложения, стоимость реализации (поставки) одной тонны ДМЭ и пр. В частности, только при снижении ставки дисконтирования с 12 до 10% индекс доходности проекта уже становится равным 1,21, а дисконтированный срок окупаемости снижается с 6 до 5 лет. Если же принять стоимость исходного топлива на уровне 30 \$/т, что даже несколько выше существующих сегодня цен на уголь, то рассматриваемый проект становится "эффективным" по всем показателям и при ставке дисконтирования 12%.

Еще большие возможности для перспективного развития угольной промышленности открываются на пути комплексного энергохимического использования (сжигания) каменного угля [7], при котором в значительной мере снижаются и выбросы в окружающую среду инертного газа CO_2 , являющегося, как известно (в силу парникового эффекта), своего рода барьером на пути развития угольной энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хадков Г.С. Суспензионное угольное топливо (Современный этап исследований, технологий и промышленной реализации) // Изв. РАН. Энергетика, 2000. Вып. 2.
2. Владимиров А. Монополия во благо? // Экономика и жизнь. - 2000. - № 20, май.
3. Ильин А.В. Создание энергохимических комплексов с подземным сжиганием угля // Промышленная энергетика. - 1996. - № 2.
4. Ильин А.В. Подземные энергокомплексы на базе шахт с гидродобычей угля // Промышленная энергетика, 1996. - № 3.
5. Ильин А.В. Базовые технологические схемы работы подземных энергокомплексов для производства продуктов теплоэнергоснабжения // Промышленная энергетика. - 1996. № 4.
6. По диметриловому эфиру. Глобализация - новый вызов времени // Нефтегазовая вертикаль. - 2000. - № 9.
7. Новиков И.И., Климов К.М. Комплексное энергохимическое использование каменного угля // Изв. РАН. Энергетика. - 2000. - Вып. 1.