

УДК 622.33.003.55

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ УГЛЯ**

**д.т.н. Гринев В.Г. (ИФГП НАНУ)**

*Приведена методология применения динамического программирования для оптимального управления процессами изменения состояния минеральных ресурсов углегазового месторождения до конечных продуктов. Для оценки перспектив повышения эффективности получения конечного продукта из угля выполнен анализ современной ситуации в угольной отрасли и смежных секторах экономики – металлургии и энергетике.*

## **ASSESSMENT OF PROSPECTS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF OBTAINING FINISHED PRODUCT FROM COAL**

**Grinyov V.G.**

*There has been suggested the methodology of using dynamic programming for optimal control of processes of transformation of coal-gas deposit mineral resources into finished products. In order to estimate the prospects to increase the efficiency of obtaining finished product from coal there has been analysed modern situation in coal industry and allied economic sectors – metallurgy and energetics.*

Если проанализировать динамику добычи коксующегося угля в Донецкой области за период 2002–2007 годы, то на фоне стремительного роста спроса в мире на эту продукцию украинские шахты с коксующимися углями также стремительно сворачивали объемы добычи (рис. 1). Добыча коксующегося угля на государственных предприятиях области с 2002 года упала в 2.3 раза, энергетического в 1.2 раза. За это время на негосударственных предприятиях увеличилась добыча коксующихся углей в 1.3 раза, энергетических – в 2.4 раза (рис. 2).

В целом же наблюдается за этот период снижение добычи коксующегося угля на 10.9 млн. тонн или на 36%, объем добычи энергетических углей увеличился на 2.6 млн. тонн или на 19%.

Практически в угольной отрасли такие концептуальные направления развития как реструктуризация в виде закрытия шахт, увеличение объемов господдержки, поиск и внедрения различных структур управления государственными предприятиями пока не дали ощутимых экономических результатов. Главный вопрос, в который все упирается – это не совершенство управления угольной промышленностью на всех уровнях. Ни ранее существовавшие, ни действующая в настоящее время схема управления не устраняют действительных причин негативных процессов в отрасли, которые по сути всегда имели место. Применительно к угольной промышленности государство в первые годы независимости выступило в роли неэффективного собственника и это в значительной степени повлияло на ее дальнейшее развитие.

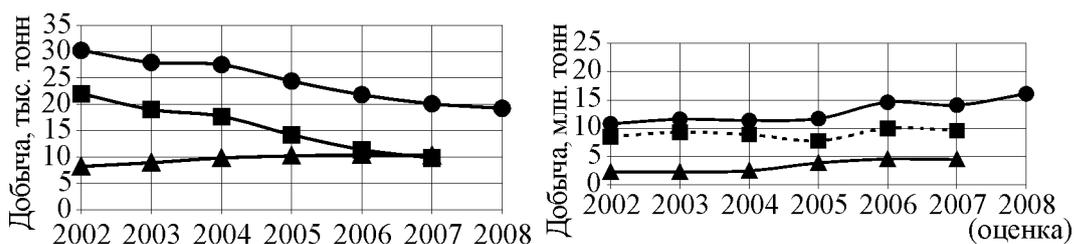


Рис. 1. Динамика добычи коксующегося угля: ● – общая добыча, ■ и ▲ – государственные и негосударственные предприятия соответственно

Рис. 2. Динамика добычи энергетического угля. Обозначения те же, что на рис. 1

Управленческие ошибки в угольной отрасли создали проблему, которая требует решения для успешного оздоровления отрасли. Существует несколько связанных между собой сложных вопросов. Прежде всего это непрозрачные структура собственности, ценообразование и процессы сбыта продукции, а также неэффективное распределение бюджетных средств [1].

Интересно проанализировать технико-экономические показатели работы базовых государственных угледобывающих предприятий, которые в рассматриваемом периоде фактически были подконтрольны определенным промышленным группам потребителей. Постоянный недостаток средств вынуждал шахты заключать договоры со структурами, которые способны были обеспечить необходимыми ресурсами в обмен на часть контроля деятельности предприятия – льготные цены на уголь (ниже себестоимости) или любые другие преимущества. В общем, эта система представляла собой смесь коммерческих и государственных интересов, которая привела к основному конфликту – потере управляемости.

Такая ситуация противодействовала тенденции формирования равных с мировыми цен на украинском рынке угля. В результате внутренний рынок угля в тот период можно охарактеризовать как недостаточно конкурентный. Удерживая низкие цены на уголь, могущественные финансово-промышленные группы получали высокие прибыли в сопредельных отраслях экономики (теплоэнергетике, металлургии, машиностроении). Государственная поддержка угольной отрасли позволяла в некоторой мере поддерживать невысокие цены на уголь через механизм компенсации превышения затрат по производству угля над его ценой.

На рис. 3, 4 приведена динамика объемов товарной продукции, ее себестоимости и цены в 2002–2007 годах государственных предприятий УК «Краснолиманская», «Добропольеуголь», «Красноармейскуголь» и «Макеевуголь».

**ГП УК «Краснолиманская».** За рассматриваемый период из рентабельного стабильно работающего предприятия превратилось в убыточное с неустойчивой добычей предприятие с вскрытыми запасами на доработке. В тоже время в пределах горного отвода имеет специальное разрешение на пользование недрами на участке с запасами более 66 млн. тонн успешно работающее частное предприятие, которое производит уже более 40% угольной продукции от основного предприятия.

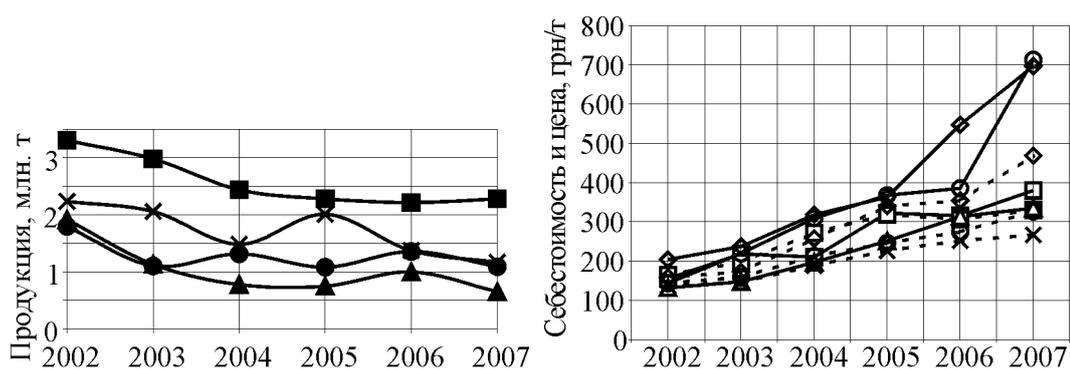


Рис. 3. Объемы товарной продукции базовых государственных предприятий в 2002–2007 гг.: ● – ГП УК «Краснолиманская», ■ – ГП «Доброполье», ▲ – ГП «Красноармейскуголь», × – ГП «Макеевуголь»

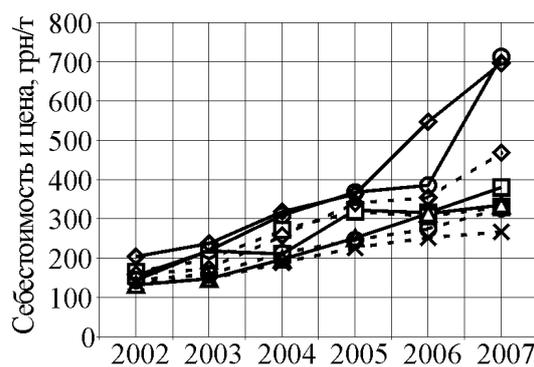


Рис. 4. Себестоимость (—) и цена (- - -) угольной продукции базовых государственных предприятий в 2002–2007 гг.: ◆ – ГП «Макеевуголь», ○ – ГП «Красноармейскуголь», □ – ГП УК «Краснолиманская», × – ГП «Добропольеуголь»

**ГП «Добропольеуголь».** За пять лет добыча упала в 1.9 раза, производительность труда в 1.5 раза, а себестоимость угольной продукции выросла в 2.5 раза. В 2002 году предприятие было прибыльное, в 2007 году – себестоимость тонны продукции превысила цену на 26%. Кроме того, из-за влияния горных работ на инженерные сооружения и жилищный фонд долгое время имеет место критическая ситуация в г. Белозерское, вблизи которого расположены четыре шахты госпредприятия. Трудящиеся, которые работали на одном из лучших в стране по технико-экономическим показателям угледобывающем предприятии, живут в более чем депрессивном городе.

**ГП «Красноармейскуголь».** Производство товарной продукции упало в 2.9 раза, себестоимость выросла в 5 раз и превышает цену более чем в два раза. По аналогии с первым предприятием в пределах горного отвода базовой для госпредприятия шахты им. А.И. Стаханова имеет специальное разрешение на пользование недрами успешно работающее частное предприятие, которое производит более 40% продукции основного госпредприятия.

**ГП «Макеевуголь».** За пять лет производство товарной продукции упало в 1.9 раза, себестоимость выросла в 3.4 раза и превысила цену в 1.5 раза. С прошлого года на госпредприятии с участием государства в виде солидных бюджетных инвестиций начала стабилизироваться работа по добыче угля.

Таким образом, в рассматриваемом периоде на всех четырех госпредприятиях наблюдалась непрозрачная форма собственности по временной схеме. Лучшие в горно-геологическом отношении и подготовленные к горным работам запасы угля были отработаны. Для эксплуатационных работ частными фирмами было предоставлено горное оборудование, за которое шахты рассчитывались угольной продукцией. Капитальными работами и подготовкой к отработке запасов эти структуры не занимались, что явилось естественной причиной современного плачевного технико-экономического состояния государственных угледобывающих предприятий.

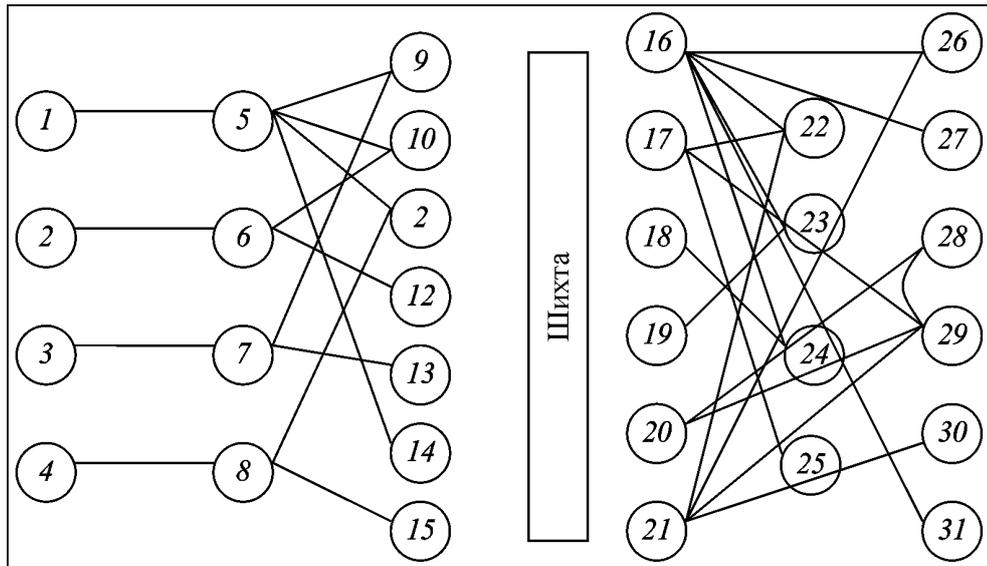
Было бы несправедливым не отметить, что указанные выше проблемы отсутствуют на тех предприятиях, на которые влияние государства сведено к минимуму. На разгосударственных предприятиях области добывается более 35% объема угольной продукции области. Усилия руководства этих предприятий направлены на поиск, разработку и внедрение прогрессивных технико-технологических решений и организационно-экономических мероприятий. В качестве примера эффективного функционирования модели получения конечного продукта в системе «шахта – обогатительная фабрика» можно привести опыт открытого акционерного общества «Угольная компания «Шахта Красноармейская – Западная №1» [2]. Практика привлечения негосударственных инвестиций свидетельствует о том, что достижения Компании превышают показатели лучших шахт России и Германии, которые работают в аналогичных горно-геологических условиях.

У горняков большие проблемы возникают из-за того, что угольная продукция не является конечным продуктом и поэтому угольная отрасль значительно отстает от смежных отраслей на пути к рыночной экономике. В тоже время, если горняки будут производить угольную продукцию с учетом последующего производства из него электроэнергии или кокса, то эффект от этой взаимосвязи может кардинально повлиять на экономику угольной отрасли и смежных отраслей, таких как теплоэнергетическая и коксохимическая.

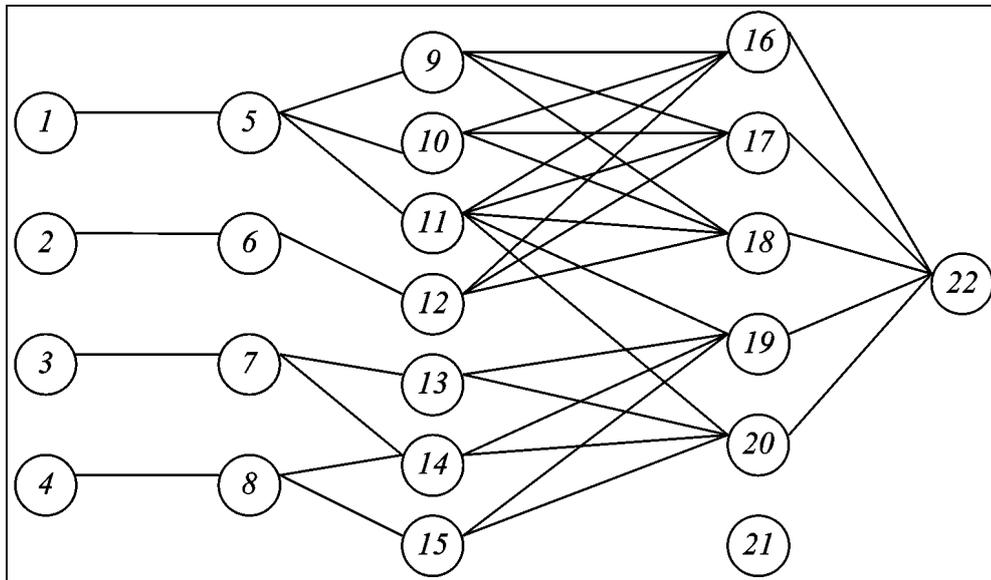
На рис. 5 представлены фактические периоды 2004 года взаимосвязи по Донецкой области в цепочках уголь-кокс-металл и уголь-электроэнергия в виде альтернативных графов, которые позволяют говорить о возможной постановке задачи по оптимизации хода протекания процессов получения электроэнергии либо металла. Данная задача также допускает расчленение математической модели на отдельные взаимосвязанные блоки по технологическим процессам добычи, транспортировки, обогащения, сжигания или коксования, металлургического передела и использование аддитивного критерия, поэтому вместо перебора вариантов может быть использована процедура динамического программирования.

На практике все процессы находятся во взаимодействии, что значительно усложняет возможность нахождения оптимального варианта. Каждый этап передает следующему этапу спектр самых разных результатов, что, в свою очередь, снова предлагает новые возможности, поэтому до бесконечности будет увеличиваться количество вариантов, подлежащих проверке на оптимизацию [3].

Динамическое программирование позволяет решать задачи, возникающие при оптимизации в значительно более короткие сроки, чем повариантные расчеты [4]. Логической основой метода является принцип оптимума Р. Бэллмана, который гласит: решение принимаемое на каждом этапе процесса должно быть наилучшим в отношении процесса в целом. Независимо от предистории процесса, его состояний и решений принятых ранее, все решения, влияющие на последующие этапы с точки зрения данного этапа процесса должны быть оптимальными.



а



б

**Рис. 5.** Фактическая взаимосвязь в цепочках: а – уголь–кокс–метал, где 1–4 – группы шахт, 5–8 – марки углей; 9–15 – обогатительные фабрики, 1–21 – коксохимзаводы, 22–28 – метзаводы области, 29–31 – метзаводы за пределами области; б – уголь–электроэнергия, где: 1–4 – группы шахт; 5–8 – марки углей; 9–15 – обогатительные фабрики; 16–21 – теплоэлектростанции; 22 – электроэнергия.

Обязательное условие – при делении процесса на этапы ни в коем случае не должно возникать прерывание материального потока. Говоря другими словами – начальное состояние материалов на определенном этапе должно точно соответствовать конечному состоянию предыдущего этапа. Таким образом, любое изменение состояния должно происходить в пределах определенного этапа, а не в промежутке между ними.

В работах [5,6] приведен опыт решения задач по выбору оптимальных стратегий освоения кимберлитовых и золоторудных месторождений до получения конечной продукции на базе разработанных программ динамического программирования альтернативного графа на минимум и максимум.

Применение рассматриваемого метода динамического программирования для выбора оптимальной последовательности этапов освоения, например, золоторудного месторождения стало возможным после представления хода освоения в виде непрерывного процесса изменения состояния запасов от балансовых до извлеченного металла. Многовариантная модель освоения месторождения полезного ископаемого представляет собой систему взаимосвязанных моделей, отображающих параметры подсистем. Она представлена в виде альтернативного графа, в котором логическими связями увязаны варианты сооружения и эксплуатации объектов энергоснабжения, транспорта, соцкультбыта, поверхностного и подземного комплексов горно-обогатительного предприятия. Дуги графа выражаются числовыми значениями затрат либо формализацией производственных процессов управляющих параметров.

Результаты расчетов каждого этапа дают численный механизм в котором величина подлежащая оптимизации или вспомогательная величина введенная для ее определения появляется как функция логических переменных.

В данном случае допустима оптимизация стратегии получения конечной продукции при условии:

- при переходе с этапа на этап должны учитываться только сочетания логически или технологически совместимых вариантов, реально возможных на практике;
- на всех этапах процесса получения конечной продукции реально действуют управляющие параметры одного ведомства.

Для оптимизации процесса изменения состояния запасов месторождения полезного ископаемого необходимо было разработать программу динамического программирования альтернативного графа. Поиск оптимального пути в направленном ациклическом графе производится с помощью так называемого алгоритма обратной прогонки, который равнозначен упорядоченной процедуре решения последовательности функциональных уравнений [4].

Наилучший путь от узла 1 до узла  $j$  должен содержать некоторую дугу в качестве конечной и поэтому

$$F_j = \text{opt}_{i|(i,j)} \{f_i + t_{ij}\}$$

Говорят, что дуга  $(i,j)$  выходит из узла  $i$  и входит в узел  $j$ . Для всех дуг, входящих в узел  $j$  имеет место неравенство  $i < j$ . Это означает, что выражение  $F_j$  используется для вычислений при  $j = 2, 3, \dots, N$ . Вместо того чтобы решать задачу непосредственно, было осуществлено погружение ее в класс задач о кратчайшем пути, а именно вычисление  $f_i$  для всех  $j$ .

Такая особенность характерна фактически для каждой модели многошагового процесса. В соответствии с известным алгоритмом обратной прогонки и разработаны стандартные программы динамического программирования

ния по определению оптимальных стратегий альтернативного графа DINAMIC и DIMAX [6].

Расчеты по этим программам позволяют горнякам принимать решения по целесообразности или очередности отработки месторождений, геологам выявлять наиболее перспективные для поисков площади, минимальный размер месторождений доступный для разработки вахтовым методом, обоснование списания запасов или изменение кондиций.

Главная особенность поиска оптимального варианта методом динамического программирования состоит в том, что управляющие параметры для горняков, обогатителей, металлургов или энергетиков должны исходить от одной структуры, а это возможно только в случае смены формы собственности угледобывающих предприятий для металлургии либо создания вертикальной интегрированной государственной структуры в энергетическом секторе.

Для оценки перспектив повышения эффективности получения конечной продукции из угля необходимо провести анализ современной ситуации в смежных для угольной отрасли секторах - металлургии и энергетике.

Что касается металлургии, то можно констатировать, что за годы независимости Украины сектор производства стали первым интегрировал в рыночную экономику путем перехода в частную собственность. С позиций нынешнего времени можно оценить насколько частный капитал у нас в стране стал эффективным собственником и как это повлияло на смежный сектор – угольную отрасль.

На протяжении последних пяти лет мировой рынок металла демонстрирует невиданные ранее темпы роста [7]. Беспрецедентный в истории прирост потребления стали в мире за период 2002–2007 годы в объеме 450 млн. тонн обеспечили страны, которые либо проходят в своем развитии фазу индустриализации либо модернизируют собственную инфраструктуру. К таким странам относятся Китай, Индия, Россия, Бразилия.

По прогнозам экспертов весь цикл современного роста потребления стали способен продолжаться как минимум до 2025 года. По такому сценарию ожидаемое потребление достигнет 2.2 млрд. тонн стали. Для производства такого объема металла необходимо дополнительно 1.7 млрд. тонн железорудного сырья и 0.5 млрд. тонн коксующегося угля. Структурный и долгосрочный дефицит глобального рынка металла даст государствам-производителям стали колоссальные возможности для развития. Украина, как известно, также относится к странам производителям металлопроката, но в то же время является единственным государством в мире, которое производит металл в основном для экспорта.

Наша страна оказалась не готова к таким событиям в мировой экономике и сейчас она переживает этап упущенных возможностей. Это касается непосредственно как металлургии, о чем высказываются эксперты [7], так и угольной промышленности. Сектор коксующихся углей напрямую зависит

от потребителя – производителя металла. Рассматривая эти две ведущие отрасли тяжелой промышленности Украины, можно легко заметить аналогию по ситуации и проблемным вопросам.

В Украине на протяжении 2002–2007 годов новые сталеплавильные мощности практически не вводились, а доля Украины в мировых сталеплавильных мощностях уменьшилась в 1.5 раза. Значительно выросло и технологическое отставание от ведущих сталеплавильных стран мира. Кокса на тонну чугуна в странах Евросоюза и Китае тратят 350–400 кг, а в Украине в 1.5 раза больше.

В начале 90-х годов прошлого столетия Украина имела мощные металлургическую и угольную отрасли, которые дали возможности для быстрого получения сверхприбылей и наращивания капитала от реализации конечного продукта – металла. Но без затрат на реновацию эксплуатация металлургических мощностей и шахт с коксующимися углями на протяжении 17 лет привела к смене координат функционирования отечественных металлургической и угольной отраслей.

Стратегически удобное время для технического переоснащения было упущено и, естественно, практически все стадии производства охватила стагнация в некогда преуспевающей производственной цепочке уголь-кокс-металл. Насколько не эффективный частный собственник в металлургической отрасли сейчас можно судить по смене координат функционирования отрасли: от дешевого сырья перешли к дефициту коксующегося угля и низкому качеству железорудного сырья, а также мировым ценам на сырье; от развитых транспортных связей до изношенной транспортной инфраструктуры; от недорогой и квалифицированной рабочей силы к дефициту трудовых ресурсов, особенно, квалифицированных; от дешевых энергоносителей к энергоносителям с мировыми ценами; от удовлетворительного состояния основных фондов к высокому уровню износа с наибольшими в мире энерго- и материалозатратными технологиями. Можно согласиться с мнением экспертов, что такой новый формат условий подводит черту под эпохой безоглядной эксплуатации индустриальной базы, накопления капитала и потерянного времени.

Для нашей страны Другой альтернативы нет, кроме как полномасштабное обновление существующих сталеплавильных мощностей и введение новых. И это придется осуществлять на фоне существующих общегосударственных проблем и без цивилизованного партнерства государства и частного капитала не обойтись. Большую роль в этих процессах будет играть возрождение отечественной угольной промышленности.

В связи мировым дефицитом угольной продукции и значительным ростом мировых рыночных цен [8] угольная промышленность Украины получила шанс на динамичное развитие.

Надежду на возрождение дала одобренная правительством Украины в мае 2008 года «Концепция развития угольной промышленности» [9] и которая направлена на реализацию государственной политики в достижении

показателей работы, предусмотренных «Энергетической стратегией Украины на период до 2030 года» [10] путем рыночного реформирования предприятий и системного устранения причин кризиса.

Основные мероприятия по ускоренному развитию угольной промышленности связаны с реформированием отношений собственности и направлены на системную приватизацию предприятий отрасли с целью привлечения эффективного собственника, получения негосударственных инвестиций и ликвидация таких явлений, как бесхозяйственность, убыточность, низкая производительность труда и высокий уровень травматизма.

Анализ концепций развития угольной отрасли и уроков неудачных компаний массовой приватизации шахт, выполненный учеными Института экономики промышленности НАНУ [11] позволил сделать выводы, что даже если попытки льготной продажи государственных предприятий окажутся удачными, не стоит ожидать приватизационного бума по следующим причинам. Во-первых, коксующиеся шахты, которые остались в государственной собственности, как объекты приватизации не имеют привлекательности из-за сложности горно-геологических условий, технического несовершенства и изношенности, глубокой убыточности. Во-вторых, шахты добывающие энергетический уголь, в своем большинстве не представляют большого интереса для частных предпринимателей, потому что их потребители (теплоэлектростанции) остаются преимущественно государственными.

В данной ситуации на повестке дня опять становятся актуальными предложения Донецкой облгосадминистрации по развитию угольной промышленности [12]. На наш взгляд, главным принципом развития угольной отрасли должно стать формирование перспективной группы опорных шахт, которые обеспечат народное хозяйство страны экономически эффективными объемами угля.

Принимая во внимание, что радикальных изменений в структуре производства электрической энергии Украины в ближайшие 5–7 лет не будет, благодаря сохранению приоритета атомной энергетики, предлагается провести в этот период коренную реструктуризацию шахтного фонда энергетического сектора с целевым бюджетным финансированием. В дальнейшем необходимо предусмотреть увеличение доли получения электроэнергии тепловыми генерациями до удельной доли у ведущих мировых государств.

С целью значительного повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности топливно-энергетического комплекса Украины нужно создать вертикально-интегрированные государственные компании в составе шахт энергетического сектора, теплоэлектростанций и энергопоставляющих предприятий с перспективой создания национальной топливно-энергетической компании, которая будет работать на конечный результат.

Таким образом, можно сделать вывод, что на данном этапе развития базовых отраслей промышленности (металлургия, энергетика и угольная отрасль) идея решения задач оптимизации хода протекания процессов получения электроэнергии или металла на базе применения динамического про-

граммирования с учетом существующих научных разработок может реально воплотиться в жизнь в виде создания наукоемкой технологии оптимизации получения конечных продуктов производства в цепочке уголь–электро–энергия и уголь–металл. Сложность решения данной проблемы состоит в том, что выполнение этой комплексной темы должно объединить специалистов различных специальностей с требованием достаточно высокого их уровня. В работе должны принимать как минимум участие горняки, обогащители, коксохимики, энергетики.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Основні проблеми розвитку вугільної галузі і регіону Донбасу». Центр економічного розвитку, Київ, 2003.
2. Привлечение инвестиций в угольную промышленность Украины: состояние, проблемы и пути решения: Монография / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.В. Корзун, В.И. Логвиненко, С.В. Янко. – Киев: Основа, 2002. – 288 с.
3. Шварц В. Динамическое программирование на примере оптимизации технологии выплавки медной руды / Пер. с нем.; *Erzmetall*, №10, 1968
4. Исследование операций: В 2-х т. / Пер. с англ.; Под. ред. Дж. Моудерав, С. Элмаграби.– М.: Мир, 1984. – Т.1. – 712 с.; 1987. – Т.2 – 264 с.
5. Гринев В.Г. Решение проблем разработки рудных месторождений Севера / Новосибирск: ВО «Наука», 1992. – 205 с.
6. Гринев В.Г. и др. Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений / Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.–215 с.
7. Сталь: час менеджерів // Урядовий кур'єр.–2008.– 19 липня.
8. Уголь: вынужденный ренессанс и его последствия (часть 1,2) // [news.finance.ua/ru](http://news.finance.ua/ru). – 2008. – 26–27 мая.
9. Постанова Кабінету Міністрів України "Про схвалення концепції розвитку вугільної промисловості ” від 14 травня 2008 р. №737–р. – Київ
10. Розпорядження Кабінету Міністрів України „Про затвердження плану заходів на 2006–2010 роки щодо реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2030 року и дальшу перспективу”, Київ, 27.07.2006, №436р
11. Дослідження приватизаційних процесів у вітчизняній вугільній промисловості: Наук. доповідь / НАН України / Ін-т економіки пром-сті. – Донецьк, 2007. – 36 с.
12. Пропозиції щодо розвитку вугільної промисловості України. – <http://donoda.gov.ua/економіка промисловості/вугільна промисловість>.– 2008.