

УДК 658.5:622.32

**ИННОВАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, МАГИСТРОВ
И АСПИРАНТОВ В ДВФУ НА ОСНОВЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ И ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ
ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И ПРОДУКЦИИ НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Жуков А.В., Жукова Ю.А.

*Дальневосточный федеральный университет;
ООО НПК «Примор-Карбид», e-mail: yul25juk@mail.ru*

В работе представлены авторские научно-технические разработки по заявленному направлению исследований и ретроспективный анализ тематики выпускных квалификационных работ специалистов, магистерских и кандидатских диссертаций аспирантов и соискателей по актуальной проблеме повышения эффективности использования традиционных энергоносителей: нефти, газа и угля и, главное, разработке альтернативных экологически безопасных и конкурентоспособных технологий комплексной химической переработки угольного минерального сырья для получения синтетического газообразного и жидкого топлива и продукции нетопливного назначения. Большое внимание в выпускных работах и диссертациях также уделяется вопросам энергосбережения, рационального использования минерального сырья, выбору и обоснованию для конкретных месторождений, способов промышленной переработки углей, технико-экономическому обоснованию направлений диверсификации угледобывающих, энергетических и промышленных предприятий. Использование экономико-математической модели (ЭММ) при проведении НИР позволяет систематизировать информацию по рассматриваемым угольным месторождениям, выбрать и обосновать направления промышленной переработки минерального сырья и диверсификации предприятий, рассчитать экономические показатели вновь создаваемых производственных комплексов, оптимизировать параметры производства и номенклатуры выпускаемых изделий.

Ключевые слова: инновационная подготовка, специалисты, диверсификация предприятия, энергоносители, экономико-математическая модель

**INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SPECIALISTS, MASTERS
AND POST-GRADUATE STUDENTS IN FAR-EASTERN FEDERAL UNIVERSITY
ON THE BASE OF DIVERSIFICATION AT ENTERPRISES AND PROCESSING
OF COAL MINERAL RAW MATERIALS FOR THE PURPOSE
OF OBTAINING THE GASEOUS, LIQUID ENERGY RESOURCES
AND PRODUCTION OF NON-FUEL APPLICATION**

Zhukov A.V., Zhukova Y.A.

*Far-Eastern Federal University;
Primor-Carbide Co LTD, Vladivostok, e-mail: yul25juk@mail.ru*

The author's scientific and technical developments according to the reported direction of researches and post-graduate analysis of graduate qualification work topics of specialists for master's and candidate's theses, postgraduate students and doctoral candidates on actual problem of efficiency upgrading of traditional energy source's usage: oil, gas and coal and, the main thing, development of alternative ecologically safe and competitive technologies for multiple chemical processing of coal mineral raw materials in order to obtain synthetic gaseous and liquid fuel and production of non-fuel application are presented in the paper. A great attention in graduate works and theses is also paid to the questions of energy saving, multiple use of mineral raw materials, choice and basis for concrete deposits, methods of coal's industrial processing, techno-economic justification for directions of diversification of coal mining, energetic and industrial enterprises. During performance of scientific research works (SRW) the use of economical-mathematical model (EMM) permits to systematize the information on considered coal deposits, to choose and justify the directions of industrial processing of mineral raw materials and diversification of enterprises, to calculate economical indicators for newly established industrial complexes, to optimize parameters of the production and product range.

Keywords: innovative development, specialists, enterprise's diversification, energy products, economical-mathematical model

До середины прошлого столетия основой мировой и российской энергетики были угольные ресурсы. Начиная с 50-х годов в связи с ростом уровня потребления нефти и газа наблюдается постоянное снижение добычи и использования углей. В настоящее время доля

углей в мировом энергетическом балансе составляет в среднем около 30%. Современный уровень добычи нефти и газа, по некоторым расчетам, сохранится до середины XXI столетия и уже за пределами 2050 года в мире резко возрастет потребность в угольных ресурсах.

Сегодня уголь должен рассматриваться как энерготехнологическое сырье и использовать его в крупных масштабах надо только комплексно, деля его потенциальную химическую энергию примерно в равных долях между энергетической продукцией (электричеством и теплом) и химической продукцией. Организуя энерготехнологическую переработку твердого топлива на базе крупной энергетики (тепловой, а возможно, и атомной), мы преодолеем нефтегазовый кризис, ожидающий нас уже в этом, XXI веке. Негативные тенденции в области сырьевой базы нефте- и газодобычи – снижение ресурсов при необходимости сохранения высоких поставок на экспорт – требуют широкого и быстрого внедрения новых угольных технологий, ориентированных на эколого-, энергосбережение и комплексное использование углей всех видов [1, 2, 4, 9].

При газификации угля и получении газообразных и жидких топлив выделяются три основные направления, связанные с производством топливного газа и жидких энергоносителей:

- 1) состав и теплотворная способность продуцируемого газа;
- 2) конструкции используемого газогенератора;
- 3) особенности получаемого заменителя – низкое содержание СО и токсичность газа, что позволяет широко использовать этот газ в бытовых целях.

В промышленных процессах переработки углей чаще всего применяют следующие комбинированные технологии:

- газификация + сжигание газа + производство тепловой и электрической энергии;
- полукоксование + газификация твердого остатка (полукокса);
- полукоксование + производство адсорбентов;
- полукоксование + гидрогенизация жидкого продукта (смола);
- газификация + синтез из полученного синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) высокомолекулярных углеводородов (синтез Фишера – Тропша);
- газификация + синтез метанола + производство бензина (Мобил-процесс).

Состав и теплотворная способность продуцируемого газа зависят не только от режимов газификации, но и от конструкции используемого газогенератора. Применение топливного газа позволяет решать экологические и технологические проблемы в энергетике, металлургии и других отраслях промышленности. Особенностью получаемого заменителя природного газа является низкое содержание СО и, следовательно, относительно низкая токсичность, что позволяет широко применять этот газ в бытовых целях.

Синтез-газ используется для химической переработки в метанол, моторные топлива или для получения водорода. Для получения жидких топлив непосредственно из угля используются процессы гидрогенизации, пиролиза, ожижения растворителями. При получении котельного топлива (заменителя нефтяного мазута) и моторных топлив требуется дополнительное применение процессов гидропереработки жидких угольных продуктов с целью уменьшения содержания серы и других нежелательных примесей. Наиболее легко перерабатывается «угольная нефть», получаемая в процессе каталитической гидрогенизации угля [3, 7, 8, 12].

Ниже на рисунке представлена принципиальная схема конверсии природного газа в жидкое топливо на основе синтеза Фишера – Тропша.

Основной целью процессов переработки бурых углей является получение жидких топлив, смазочных масел и углеводородных газов, поэтому они направлены на разукрупнение (деструкцию) молекул исходного сырья и увеличение относительного содержания водорода. Это возможно осуществить следующими способами:

- перераспределением имеющихся в исходном топливе водорода и углерода с получением основных продуктов – обогащенного водородом газа и твердого продукта с повышенным содержанием углерода. Это реализуется в термолитических процессах полукоксования и коксования;

- превращением органической массы твердого топлива в простейшие молекулы – CO , H_2 , CH_4 , CO_2 , и H_2O , что достигается при газификации с окисляющим агентом (O_2 или воздух) и водяным паром при температуре $800 \dots 1600^\circ\text{C}$;

- присоединением к органической массе угля водорода, так, чтобы соотношение «водород: углерод» увеличилось до величины, характерной для жидких топлив. Этот способ реализуется в процессах гидрогенизации угля.

При получении жидкого топлива на основе синтеза Фишера – Тропша разнообразные соединения углерода (природный газ, каменный и бурый уголь, тяжелые фракции нефти, отходы деревообработки) конвертируют в синтез-газ (смесь CO и H_2), а затем он превращается в синтетическую «сырую нефть» – синтнефть. Это – смесь углеводородов, которая при последующей переработке разделяется на различные виды практического экологически чистого топлива, свободного от примесей соединений серы и азота. Достаточно добавить 10% синтетического топлива в обычное дизельное, чтобы продукты сгорания дизтоплива стали соответствовать экологическим нормам (рисунок).



Принципиальная схема конверсии природного газа

Построим экономико-математическую модель, при помощи которой можно выбирать оптимальный с точки зрения получаемой прибыли вариант производства продукции. При этом исходим из предположения, что модель строится для предприятия угольной и газовой промышленности, которые занимаются как добычей угля, газа, так и производством природного и синтетического газообразного и жидкого топлива, которое возможно при реконструкции и диверсификации угледобывающих, газодобывающих и энергетических предприятий. Поэтому разработанная экономико-математическая модель (ЭММ) организации производства обладает высокой степенью универсальности. Реализацию ЭММ целесообразно производить дифференцированно по альтернативным вариантам для угледобывающих, энергетических и газодобывающих предприятий [5, 6, 10, 11].

Введем следующие обозначения (все показатели исчисляются за один и тот же период):

n_i – натуральный объем i -го вида угля, добываемого угледобывающими предприятиями;

m_j – натуральный объем j -го вида перерабатываемого угля;

n_{ij} – натуральный объем i -го вида угля и потребляемый при производстве единицы j -го вида перерабатываемой продукции;

c_i – отпускная цена единицы натурального объема i -го вида угля;

s_i – себестоимость единицы натурального объема угля, добываемого на угледобывающих предприятиях;

u_j – отпускная цена единицы натурального объема j -го вида перерабатываемой продукции;

v_j – себестоимость единицы натурального объема j -го вида перерабатываемой угольной продукции;

k – количество видов угля, добываемых на предприятиях;

l – количество видов новой продукции, производимой на реструктуризуемом и диверсифицируемом предприятии.

Прибыль предприятия угольной (газовой) отрасли складывается из следующих двух основных составляющих:

■ полученной за счет реализации части угля (газа), добываемого на предприятиях и равной

$$\sum_{i=1}^k \left[\left(n_i - \sum_{j=1}^l n_{ij} m_j \right) c_i - n_i s_i \right]; \quad (1)$$

■ полученной за счет реализации новой продукции, производимой предприятием и равной

$$\sum_{j=1}^l (u_j - v_j) m_j. \quad (2)$$

Суммируя выражения (1) и (2), получаем величину прибыли предприятия угольной (газовой) отрасли от основных и диверсифицируемых видов деятельности (добычи угля и химической переработки угольных минеральных ресурсов или природного газа). Следовательно, критерий оптимальности будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^k \left[\left(n_i - \sum_{j=1}^l n_{ij} m_j \right) c_i - n_i s_i \right] + \sum_{j=1}^l (u_j - v_j) m_j = \sum_{i=1}^k n_i c_i + \sum_{j=1}^l u_j m_j - \left(\sum_{i=1}^k n_i s_i + \sum_{j=1}^l \left(v_j + \sum_{i=1}^k n_{ij} c_i \right) m_j \right) \longrightarrow \max. \quad (3)$$

Последнее выражение представляет собой целевую функцию задачи оптимизации. Для формулировки задачи в целом необходимо еще наложить ограничения на переменные. В соотношении (3) n_{ij} и s_i выбираются соответственно на основе технологии и внешних условий деятельности.

Оптимизация издержек производства осуществляется в данном случае на базе следующего критерия:

$$\Pi = \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^n (C_{ji} - S_{ji}) V_{ji} \rightarrow \max, \quad (4)$$

где Π – общая величина прибыли угледобывающего и энергетического предприятий от реализации продукции; m – количество марок угля; n – количество способов переработки и использования; V_{ji} – натуральный объем J -й марки угля, перерабатываемого и используемого l -м способом; S_{ji} – себестоимость J -й марки угля, перерабатываемой и используемой l -м способом; C_{ji} – цена J -й марки угля и l -го вида топлива.

При этом накладываются следующие ограничения:

$C_{ji} \leq C_{ji} \leq C_{ji}$, ограничения устанавливаются на основе исследований рынка;

$0 \leq V_{ji} \leq \text{минимум} (v_{ji}^{\text{техн}}, v_{ji}^{\text{потр}})$, где $v_{ji}^{\text{техн}}$ – предельно возможный объем производства; $v_{ji}^{\text{потр}}$ – предельно возможный объем реализации.

Результаты технологических исследований и экономико-математического моделирования процессов позволяют более детально рассматривать конфигурацию и параметры систем реструктуризации и диверсификации угледобывающих и энергетических предприятий, согласовать и определить режимы работы подсистем

управления и организации производства, прогнозировать технологические и экономические показатели вновь создаваемых и реструктуризуемых производственных комплексов.

Заключение

1. Рассмотрены научно-методические и экономико-технологические принципы организации конкурентоспособного производства на основе создания экологически безопасных ресурсо- и энергосберегающих технологий комплексной химической переработки угольного минерального сырья.

2. Для конкретных месторождений с различными качественными характеристиками углей целесообразна разработка физико-технических и экономико-математических моделей для выбора оптимального варианта процессов переработки бурых или каменных углей с получением синтетического газообразного и жидкого топлива или продукции нетопливного назначения.

3. Применение новых решений при разработке синтетических генерирующих источников позволяет осуществить экономию традиционных ресурсов (угля, нефти или газа). Научно-технические достижения нашей страны позволяют внедрять и успешно конкурировать с западными странами в такой области, как переработка угля в генераторный газ и моторное топливо. Ранее запатентованный способ переработки углекarbonатного минерального сырья комплексно решает проблему рационального природопользования путем создания ресурсо- и энергосберегающих технологий.

Список литературы

1. Витюк А.К. Разработка инновационных принципов по размещению и организации производства на основе диверсификации угледобывающих предприятий: на примере Приморского края: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2004. – 143 с.
2. Гнездилов Е.А., Жуков А.В., Яковлев А.Д. Экономическая эффективность организации производства синтетического топлива на основе химической переработки угольного минерального сырья в условиях Дальневосточного региона // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 9. – С. 324–329.
3. Жуков А.В. Рациональное природопользование, ресурсо- и энергосбережение: безотходные, экологически безопасные технологии комплексной переработки карбонатного и угольного минерального сырья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2010. – № 12. – С. 147–150.
4. Жуков А.В. Экономические проблемы и приоритетные направления реструктуризации и диверсификации угольной промышленности // *Совершенствование технологий добычи, обогащения и переработки угля*. – 2002. – С. 33–38.
5. Жуков А.В. Развитие угольной промышленности в Дальневосточном регионе // *Проблемы развития промышленного производства*. – 2004. – С. 35–47.

6. Жуков А.В. Влияние качественных характеристик минерального сырья на выбор технологий переработки угля для производства жидкого и газообразного топлива // Сб. Тр-ов ДВГТУ. – 2006. – Вып. 143. – С. 243–250.

7. Заяц Р.М. Перспективные инновационные технологии переработки угля и укрупненное ТЭО переработки угольного минерального сырья дальневосточных месторождений: магистер. дис. – Владивосток, 2005. – 103 с.

8. Коноваленко А.А. Организация производства по переработке угольного и углеводородного минерального сырья для получения продукции топливного назначения: выпуск квалиф. работа – Владивосток, 2013. – 82 с.

9. Корнеева Е.С. Приоритетные направления организации производства синтетического газообразного и жидкого топлива в условиях Дальнего Востока на основе химической переработки угольного минерального сырья: магистер. дис. – Владивосток, 2008. – 45 с.

10. Лукьянова О.В. Разработка технико-экономической модели рационального природопользования на основе структуризации и диверсификации угледобывающих предприятий: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2000. – 135 с.

11. Сорокин А.П., Авдейко Г.П., Алексеев А.В., Бакланов П.Я., Жуков А.В., Подольян В.И. и др. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 года / под ред. чл.-корр. РАН А.П. Сорокина. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 112 с.

12. Тежик С.В. Анализ состояния, проблемы и пути решения диверсификации угледобывающих предприятий ЗАО «ЛуТЭК»: магистер. дис. – Владивосток, 2001. – 107 с.

References

1. Vitjuk A.K. Razrabotka innovacionnyh principov po razmeshheniju i organizacii proizvodstva na osnove diversifikacii ugledobyvajushhh predpriyatij: na primere Primorskogo kraja: dis. ... kand. tehn. nauk. Vladivostok, 2004. 143 p.

2. Gnezdilov E.A., Zhukov A.V., Jakovlev A.D. Jekonomicheskaja jeffektivnost organizacii proizvodstva sinteticheskogo topliva na osnove himicheskoj pererabotki ugolnogo mineralnogo syrja v uslovijah Dalnevostochnogo regiona // Fundamentalnye issledovanija. 2007. no. 9. pp. 324–329.

3. Zhukov A.V. Racionalnoe prirodopolzovanie, resurso- i jenergoberezenie: bezothodnye, jekologicheski bezopasnye tehnologii kompleksnoj pererabotki karbonatnogo i ugolnogo mineralnogo syrja // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2010. no. 12. pp. 147–150.

4. Zhukov A.V. Jekonomicheskie problemy i prioritetye napravlenija restrukturizacii i diversifikacii ugolnoj promyshlennosti // Sovershenstvovanie tehnologii dobychi, obogashhenija i pererabotki uglja. 2002. pp. 33–38.

5. Zhukov A.V. Razvitie ugolnoj promyshlennosti v Dalnevostochnom regione // Problemy razvitiya promyshlennogo proizvodstva. 2004. pp. 35–47.

6. Zhukov A.V. Vlijanie kachestvennyh harakteristik mineralnogo syrja na vybor tehnologii pererabotki uglja dlja proizvodstva zhidkogo i gazoobraznogo topliva // Sb. Tr-ov DVG TU. 2006. Vyp. 143. pp. 243–250.

7. Zajac R.M. Perspektivnye innovacionnye tehnologii pererabotki uglja i ukрупnennoe TJeO pererabotki ugolnogo mineralnogo syrja dalnevostochnyh mestorozhdenij: magister. dis. Vladivostok, 2005. 103 p.

8. Konovalenko A.A. Organizacija proizvodstva po pererabotke ugolnogo i uglevodorodnogo mineralnogo syrja dlja poluchenija produkcii toplivnogo naznachenija: vypusk. kvalif. rabota Vladivostok, 2013. 82 p.

9. Korneeva E.S. Prioritetnye napravlenija organizacii proizvodstva sinteticheskogo gazoobraznogo i zhidkogo topliva v uslovijah Dalnego Vostoka na osnove himicheskoj pererabotki ugolnogo mineralnogo syrja: magister. dis. Vladivostok, 2008. 45 p.

10. Lukjanova O.V. Razrabotka tehniko-jekonomicheskoi modeli racionalnogo prirodopolzovanija na osnove strukturizacii i diversifikacii ugledobyvajushhh predpriyatij: dis. ... kand. tehn. nauk. Vladivostok, 2000. 135 p.

11. Sorokin A.P., Avdejko G.P., Alekseev A.V., Baklanov P.Ja., Zhukov A.V., Podoljan V.I. i dr. Strategija razvitiya toplivno-jenergeticheskogo potenciala Dalnevostochnogo jekonomicheskogo rajona do 2020 goda / pod red. chl.-korr. RAN A.P. Sorokina. Vladivostok: Dalnauka, 2001. 112 p.

12. Tezhik S.V. Analiz sostojanija, problemy i puti reshenija diversifikacii ugledobyvajushhh predpriyatij ZAO «LuTJeK»: magister. dis. Vladivostok, 2001. 107 p.

Рецензенты:

Гнездилов Е.А., д.т.н., профессор, руководитель ООП кафедры управления персоналом и экономики труда, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток;

Карастелев Б.Я., д.т.н., профессор, ведущий кафедрой экономики и организации производства, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток.