

УДК 662.64(571.63)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ В МЕТАНОЛ

Мокриенко П.В.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: mokrienko@mail.ru

Проведены расчеты и определены перспективы малотоннажной энерготехнологической переработки углей в комбинированной установке производства метанола и электроэнергии мощностью 50 тыс. тонн в год на предприятиях Приморского края. Обоснованы и оптимизированы проектные параметры крупнотоннажного вовлечения углей Приморского края для производства экспортного метанола. В результате выполнения серии имитационных расчетов для анализа чувствительности финансовых показателей проекта были определены факторы и их пограничные значения, существенно влияющие на финансовую устойчивость проектов. Полученные результаты в области производства метанола представляет практический интерес в свете реализации государственных энергетических программ эффективной интеграции Российской Федерации в систему экономических связей АТР.

Ключевые слова: метанол, уголь, производство метанола

COMPLEX ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF PROCESSING OF BROWN COALS OF PRIMORSKY KRAI IN METHANOL

Mokrienko P.V.

Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: mokrienko@mail.ru

Calculations are carried out and prospects of low-tonnage power technological processing of coals in the combined installation of production of methanol and the 50 thousand tons per year electric power at the enterprises of Primorsky Krai are defined. Design parameters of large-capacity involvement of coals of Primorsky Krai for production of export methanol are proved and optimized. As a result of performance of a series of imitating calculations for the analysis of sensitivity of financial performance of the project factors and their boundary values significantly influencing financial stability of projects were defined. The received results in the field of production of methanol are presented by practical interest in the light of implementation of the state power programs of effective integration of the Russian Federation to system of economic relations of ATR.

Keywords: methanol, coal, methanol production

Перспектива развития добычи и роль угля в топливно-энергетическом балансе Приморского края определяют необходимость поиска новых технологических решений, способствующих повышению конкурентоспособности угольной продукции. При этом технологические решения должны комплексно обеспечивать максимальное использование природного потенциала топливно-энергетических комплексов при минимальном воздействии на окружающую среду в пределах нормативных требований, а также минимальном потреблении финансовых, материальных и трудовых ресурсов [1].

Разработка и внедрение новых технологий переработки углей дает возможность расширить сферы применения получаемых из угля продуктов и материалов – использовать их не только в энергетике, но и в черной, цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, при производстве удобрений и в других отраслях. Следует особо отметить, что нетрадиционное использование углей включает в себя процессы, находящиеся на различных стадиях как научной, так и практической разработки [2, 3].

В последнее время в некоторых странах вновь ставится вопрос о производстве метанола из углей как наиболее распространенного сырья. Такая поставка представ-

ляет практический интерес и для России, обеспеченность которой каменными и бурными углями примерно в 100 раз больше по сравнению с природным газом, являющегося в настоящее время основным сырьевым источником производства метанола. Кроме того, это во многом обусловливается предполагаемым расширением сфер его использования в видимой перспективе [4].

Анализ тенденций энергетических рынков позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день существуют потенциальные возможности для расширения рынка метанола. Это связано с тем, что по потребительским качествам метанол как моторное и котельно-печное топливо в основном не уступает, а по некоторым показателям существенно превосходит такие традиционные виды топлив, как мазут, природный газ, керосин и дизельное топливо. При его сжигании образуется меньше вредных выбросов, в отличие от мазута не требуется сложной системы разогрева, в отличие от природного газа нет проблем с хранением и транспортировкой к мелким потребителям. Следует также отметить благоприятную внешнеэкономическую ценовую конъюнктуру метанола на рынке стран северо-восточной Азии (СВА).

Традиционная технология производства метанола из органического топлива включает две основные стадии – получение синтез-газа и синтез метанола из этого газа. На обеих стадиях выделяется большое количество тепла, которое, как правило, используется для получения пара среднего давления, направляемого на турбины, приводящие в действие компрессоры установки, и на нужды других производств. Такой способ утилизации тепла сопровождается значительными энергетическими потерями. Более рациональным способом утилизации тепла является комбинация двух технологий – производства метанола и производства электроэнергии в одной энерготехнологической установке. При этом снижаются энергетические потери, уменьшаются капиталовложения за счет совмещения функций части оборудования, появляется возможность упростить технологическую схему, отказавшись от рециркуляции синтез-газа [5].

Материалы и методы исследования

В проведенных исследованиях в качестве базовой для определения общесистемного эффекта от реализации новых энерготехнологий используется разработанная в ДВФУ проф. Жуковым А.В. экономико-математическая модель управления инвестиционной деятельностью при диверсификации производства и потребления энергоносителей в региональных ТЭК, при помощи которой можно выбирать оптимальный с точки зрения получаемой прибыли, вариант производства и переработки угольных минеральных ресурсов, а также вновь создаваемых научно-производственных предприятий по извлечению и переработки метана из газогидратов, которая также обладает высокой степенью универсальности и позволяет более детально рассматривать конфигурацию и параметры систем реструктуризации и диверсификации угледобывающих и энергетических предприятий [6].

Данная модель была дополнена и адаптирована для достижения целей поставленных с учетом специфики рассматриваемой технологии переработки угольных минеральных ресурсов в синтетическое жидкое топливо с попутной выработкой электроэнергии в условиях реализации ее на предприятиях ТЭК Приморского края.

В целом задача формулируется следующим образом.

При выполнении ограничений по ресурсам (возможности развития добычи и производства), по ус-

ловиям транспортировки и по потребности и при минимизации приведенных затрат на добычу (производство), переработку, транспортировку и использование топлива определить:

- 1) объемы добычи (производства) различных энергоресурсов по отдельным месторождениям (пунктам, перерабатывающим заводам);
- 2) объемы переработки различных видов топлива по отдельным пунктам;
- 3) распределение энергоресурсов между отдельными экономическими районами с предварительным распределением их внутри районов между основными категориями потребителей;
- 4) объемы и направления перевозок различных видов топлива магистральным железнодорожным транспортом, газопроводами.

Для проведения анализа эффективности технологии газификации углей в ЭТУ с попутной выработкой электроэнергии и других перспективных энерготехнологий производилась модификация модели проф. Жукова А.В. путем введения переменных, уравнений и ограничений, отражающих условия производства электроэнергии и метанола в Приморском крае с применением этой технологии:

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

индексы i, j, k – используются для обозначения соответственно разрезов, предприятий по переработке угля в метанол и потребителей конечной продукции,

v_{ij} – натуральный объем угля (в тоннах), отправленного из источника i на предприятие по переработке угля j ;

u_{jk} – натуральный объем (в тоннах) переработанной продукции, отправленной с предприятия по переработке угля в районе j потребителю k ;

d_i – стоимость единицы угля добычи в районе i ;

m_k – отпускная цена единицы переработанной продукции потребителю k ;

b_j – себестоимость производства единицы натурального объема переработанной продукции на предприятии j ;

c_j – удельные капиталовложения в предприятие по переработке угля j ;

t_{ij} – стоимость перевозки единицы натурального объема угля из района i на предприятие по переработке угля j ;

g_{jk} – стоимость перевозки единицы натурального объема переработанной продукции с предприятия по переработке угля j потребителю k .

n – количество видов угля;

l – количество видов новой продукции;

z – количество пунктов потребления.

Критерий оптимальности будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{k=1}^z m_k u_{jk} - \sum_{i=1}^n d_i v_{ij} - \sum_{j=1}^l (c_j + b_j) u_{jk} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l t_{ij} v_{ij} - \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^z g_{jk} u_{jk} \longrightarrow \max. \quad (1)$$

Целью решения будем считать определение v_{ij} и u_{jk} , где $i=1,2,\dots,n$, $j=1,2,\dots,l$, и $k=1,2,\dots,z$. m_k , d_i , t_{ij} , g_{jk} выбираются соответственно на основе внешних условий деятельности. c_j и b_j определяются из плана предприятия по издержкам продукции.

В этом случае ограничения системы.

1. Вес перевозимого угля не может превысить мощности разреза по добыче угля:

$$0 \leq \sum v_{ij} \leq M_i \text{ для всех } i, \quad (2)$$

где M_i – мощность разреза i по добыче угля.

2. Объем поставок потребителю должен удовлетворять его потребности:

$$0 \leq \sum_j u_{jk} \leq N_k \text{ для всех } k, \quad (3)$$

Следует отметить, что в этой модели не допускается неудовлетворение потребности. Это ограничение можно также записать следующим образом:

$$N'_k \leq \sum_j u_{jk} \leq N_k \quad (4)$$

где N'_k – минимально допустимая потребность; N_k – общая потребность в целом.

3. Объем перевозок с предприятия по переработке угля не может превысить мощности этого предприятия:

$$\sum_k u_{jk} \leq P_j y_j, \quad (5)$$

где P_j – мощность предприятия по переработке угля j .

4. Общий объем перевозок с предприятия по переработке не больше объема угля, доставленного с разреза на это предприятие:

$$\sum_k u_{jk} \leq E_{jk} \sum_j v_{ij}, \quad (6)$$

где E_{jk} – коэффициент потребления при переработке i угля в продукцию j -го вида.

Результаты исследования и их обсуждение

Расчеты выполнялись по двум направлениям:

1. Малотоннажное производство на модульной энерготехнологической установке мощностью 50 000 тонн метанола в год из

углей с использованием существующей инфраструктуры предприятий ТЭК Приморского края (Владивостокской ТЭЦ-2 и ЗАО «ЛуТЭК»): источников сырья и энергоресурсов, вспомогательных материалов, инженерных коммуникаций, административно-бытовых сооружений. При этом конструктивные особенности энерготехнологических установок малой мощности обуславливают уменьшение капитальных затрат за счет возможности блочно-модульного исполнения с максимальной степенью готовности и отсутствия необходимости обустройства территории для хранения исходного сырья.

2. Крупномасштабное вовлечение углей Бикинского и Павловского месторождений для производства метанола с целью его экспорта через метанольный терминал порта Восточный. Реализация такого крупного проекта требует значительных капиталовложений и привлечение весомой доли кредитных средств.

В результате выполнения серии имитационных расчетов на основе разработанных в работе экономико-математических моделей, малотоннажное производство метанола на модульной энерготехнологической установке мощностью 50 тыс. т с попутной выработкой электроэнергии будет характеризоваться следующими показателями, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели модульной ЭТУ производства метанола мощностью 50000 т

Наименование	ЗАО «ЛуТЭК»	ВТЭЦ-2
	Бикинские	Павловские
Количество угля, нат. т	176 203	179 466
Количество угля, тут	66 133	66 133
Цена 1т нат угля, руб	800	1137
Удельный расход угля на 1т метанола, т.у.т	1,323	1,323
Удельный расход условного топлива, кг/кВтч	1,589	1,589
Производство метанола, т	50 000	50 000
Отпуск электроэнергии, млн кВт	41,626	41,626
Капитальные затраты, млрд. руб.	1,715	1,715
Срок строительства, мес.	36	36
Себестоимость метанола, руб./т	5 500	6 026
Цена реализации, метанола	12 000	12 000
Чистая прибыль в год, млн руб	270,682	250,702
Индекс прибыльности	1,20	1,19
Чистая текущая стоимость, млн руб	891,949	755,697
Внутренняя ставка доходности	16,48%	15,57%
Срок окупаемости, лет	8,04	8,37

Существенное влияние на инвестиционные показатели производства метанола имеет цена реализации. В случае роста цен до 14000 руб./т уровень внутренней ставки доходности составит 18%, а в случае роста свыше 15000 руб./т уровень чистой текущей стоимости находится выше одного миллиарда рублей. Потеря инвестиционной привлекательности происходит в случае снижения цен на метанол ниже отметки 10000 руб./т.

Также значительное влияние на инвестиционные показатели оказывает величина капитальных вложений в ЭТУ. Так, например, их удорожание выше отметки 2,5 млрд руб при прочих равных условиях ведет к снижению чистой текущей стоимости до нулевого уровня.

Предложенные комплексный методический подход, экономико-математические модели, алгоритмы и программы расчета позволили оптимизировать и обосновать проектные параметры крупнотоннажного вовлечения углей Приморского края для производства экспортного метанола удовлетворяющего потребности конечного по-

ребителя метанола в порту Восточный в размере 1 млн т.

Согласно выполненным расчетам по оптимизации соотношений экономических показателей переработки, транспортировки и потребления для удовлетворения установленной проектной мощности метанольного терминала в порту Восточный в размере 1 млн т метанола в год необходима переработка 3,6 млн т бурого угля Приморского края, соответственно 2,5 млн т Павловских (что обусловлено ограниченной величиной мощности разреза) и 1,1 млн т Бикинских углей. ЭТУ в этом случае экономически оптимально следует разместить вблизи порта. При этом попутно при производстве метанола происходит выработка 833,243 млн кВт ч электроэнергии в год. Себестоимость производства на энерготехнологической установке одной тонны метанола из углей Приморского края составит 6126 руб/т. Срок окупаемости такого инвестиционного проекта составляет 9,64 лет, чистая текущая стоимость равна 16,896 млрд. руб, а внутренняя ставка доходности равна 17,4%.

Таблица 2

Основные технико-экономические показатели ЭТУ на угле

Показатели	Угли	
	Павловские	Бикинские
Годовой расход условного топлива, т у.т.	921 502	412 969
Годовой расход натурального топлива, т	2 500 000	1 100 000
Годовое производство метанола, т	1 000 960	
Годовой отпуск электроэнергии, млн кВт ч	833,243	
Капиталовложения в установку, млрд руб	25,826	
Себестоимость 1 т метанола, fob Восточный	6 126	
Прибыль валовая в год, млрд руб	7,991	
Индекс прибыльности	1,65	
Чистая текущая стоимость, млрд.руб	16,896	
Внутренняя ставка доходности	17,4%.	
Срок окупаемости, лет	9,64	
Дисконтированный срок окупаемости	12,6	

В результате выполнения серии имитационных расчетов для анализа чувствительности финансовых показателей проекта было определено, что значительное влияние на показатели финансово-экономической привлекательности проекта оказывают цена реализации продукции, величина капиталовложений, стоимость сырья и объем производства.

Так при увеличении цены метанола на 20% IRR увеличивается с 17,5% до 22,5%, а при росте цены метанола в 1,5 раза IRR уже составляет 29%. Высокие темпы роста цены метанола на внутреннем и междуна-

родных рынках в последние годы и текущие тенденции рынка энергоресурсов позволяют сделать благоприятные прогнозы относительно высокой устойчивости проектов переработки углей в метанол.

Увеличение капиталовложений на 20% ведет к снижению IRR с 17,4% до 14,2%; а в случае увеличения в 1,5 раза проект уже имеет более скромные показатели эффективности – IRR равна 10,4%. В случае же удвоения объема капиталовложений проект считается финансово непривлекательным поскольку IRR в этом случае составляет 6,2%, а NPV имеет отрицательное значение.

Также весомое влияние на инвестиционный проект оказывают показатели изменения стоимости бурогоугольного сырья и ежегодных издержек стоимости эксплуатации и обслуживания. Увеличение стоимости угля в 1,5 раза при прочих равных условиях ведет к падению IRR с 17,5% до 13,7% и уменьшению NPV почти в 2 раза. Увеличение же ежегодных издержек стоимости эксплуатации и обслуживания ЭТУ в 2 раза снижает IRR с 17,5% до 11,6%.

Заключение

Основные научные и практические результаты проведенного исследования, заключаются в следующем:

1. Проведены расчеты и определены перспективы малотоннажной энерготехнологической переработки углей в комбинированной установке производства метанола и электроэнергии мощностью 50 тыс. тонн в год на предприятиях Приморского края.

2. Обоснованы и оптимизированы проектные параметры крупнотоннажного вовлечения углей Приморского края для производства экспортного метанола.

3. В результате выполнения серии имитационных расчетов для анализа чувствительности финансовых показателей проекта были определены факторы и их пограничные значения, существенно влияющие на финансовую устойчивость проектов.

4. Полученные результаты в области производства метанола представляет практический интерес в свете реализации государственных энергетических программ эффективной интеграции Российской Федерации в систему экономических связей АТР.

Список литературы

1. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. / РАН. Дальневост. отд-ние; Г.П. Авдейко, А.В. Жуков, В.И. Подолян и др. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 112 с.
2. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л.С. Беляев, Б.Г. Санеев, С.П. Филиппов и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. с.141.
3. Системные исследования проблем энергетики / Л.С. Беляев, Б.Г. Санеев, С.П. Филиппов и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. с.135-136.
4. Топливо-энергетический комплекс России: Современное состояние и взгляд в будущее / Г.В. Агафонов, Е.Д. Волкова, Н.И. Воропай и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – С. 140-152.
5. Тюрина Э.А. Комплексные исследования технологий получения ИЖТ и электроэнергии из твердого и газообразного топлива[электронный ресурс]: дис...док.техн.наук / Э.А. Тюрина. – М.: РГБ, 2005.
6. Жуков А.В. Планирование, организация и экономика горного и промышленного производства. Ч.2 : учеб. пособие / А.В. Жуков – Даленовост. федерал. ун-т. – Владивосток: Издат. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – С. 247-254.
7. Обзор рынка метанола // М.:ООО «КОРТЭС» 2012 – Электронный журнал. – (Рус.) – URL: www.kortes.com.