

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВНУТРИЦИКЛОВОЙ КОНВЕРСИИ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ \*

Обосновываются оценки эффективности освоения и целесообразность инновационных технологий энергетического использования низкосортных топлив в малой энергетике на основе низкотемпературной внутрициклового конверсии. Приведены параметры спроектированных установок, показатели экономической эффективности, чистая приведенная стоимость, ожидаемый интегральный эффект.

*Ключевые слова:* технико-экономическая оценка, энергетическая установка, внутрицикловая конверсия, низкосортное топливо, Томская область, бюджетная эффективность.

### Введение

Актуальность вопросов использования местных низкосортных топлив обеспечивается соответствием современным тенденциям энергосбережения, в частности направлению вовлечения в топливный энергетический баланс низкосортных топлив и обеспечения электро- и теплоэнергией районов децентрализованного энергоснабжения [1]<sup>1</sup>. Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», целью которой является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций, в качестве приоритетных направлений научно-технического прогресса в энергетическом секторе по направлению «Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива» выделены следующие:

- развитие технологий использования возобновляемых источников энергии, а также многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергообеспечения потребителей в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения;
- расширение производства и использования новых видов топлива, получаемых из различных видов биомассы.

Предполагается, что к 2030 г. в Центральном, Южном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах возрастет роль использования местных источников энергии, производство на их основе энергии в удаленных и изолированных районах. Доля тепла, производимого на теплоэлектроцентралях в системах централизованного теплоснабжения, уменьшится с 43 (2005 г.) до 35 %. Эту нишу должны занять газотурбинные установки на теплоэлектроцен-

---

\* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение № 8019), в рамках госзадания НИР (тема 2.59.2012) и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (ГК № 14.516.11.0078).

<sup>1</sup> Распоряжение правительства российской федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Приложение к постановлению Государственной думы Томской области от 28.02.2008 № 1008 «Энергетическая стратегия Томской области на период до 2020 года».

тралях и автономные теплоснабжающие установки. Малоэтажная застройка, как правило, должна будет обеспечиваться индивидуальными теплогенераторами. Для достижения этих целей необходима модернизация и развитие систем децентрализованного теплоснабжения с применением высокоэффективных конденсационных газовых и угольных котлов, когенерационных, геотермальных, теплонасосных и других установок, а также автоматизированных индивидуальных теплогенераторов нового поколения для сжигания разных видов топлива.

Одной из основных проблем в региональной энергетической политике является недостаточное развитие малой энергетики и низкая вовлеченность в энергобалансы местных источников энергии регионального и локального значения, решение которой предполагает максимизацию экономически эффективного использования местных источников топливно-энергетических ресурсов, развитие экономически эффективных децентрализованных и индивидуальных систем теплоснабжения. Для этих целей предполагается:

- стимулирование использования местных топливно-энергетических ресурсов (возобновляемые источники энергии, местные виды топлив, отходы и проч.) с последующим их вовлечением в региональные топливно-энергетические балансы;
- оптимизация региональных систем теплоснабжения на основе экономически эффективного сочетания централизованного и децентрализованного теплоснабжения;
- доведение доли местных источников энергии в региональных топливно-энергетических балансах до 20 %;
- формирование устойчивой системы энергетического обеспечения труднодоступных и удаленных территорий на основе расширенного эффективного использования местных энергоресурсов;
- формирование региональных энергетических систем на основе экономически эффективного сочетания использования местных и привозных источников энергии.

Согласно «Энергетической стратегии Томской области на период до 2020 года» суммарные ресурсы бурых углей в Томской области составляют 75,7 млрд т, или 5 % от объема разведанных ресурсов бурых углей России. Месторождения бурых углей могут являться базой как для энергетического сырья, так и сырья для получения химических веществ. Только по Таловскому месторождению прогнозные ресурсы составляют 3,6 млрд т. По запасам торфа Томская область занимает второе место в России, уступая Тюменской. На ее территории выявлено и учтено 1 505 торфяных месторождений общей площадью в границах промышленной залежи 7,7 млн га с запасами торфа 29 млрд т. Геологическая и экономическая изученность торфяных ресурсов слабая. Детально изученных месторождений всего 4 с запасами 570 млн т (менее 3 % торфяных ресурсов области). Высоки потенциальные энергетические ресурсы лесов Томской области. Запас древесины оценивается в 2,7 млрд м<sup>3</sup>, из них в хвойных лесах 737,7 млн м<sup>3</sup>. Годовой прирост древесины составляет 27,4 млн м<sup>3</sup>, а объем ежегодно получаемых дров только в процессе ухода за лесом и за счет санитарных рубок может составить до 2 млн м<sup>3</sup> дровяной древесины.

Топливо-энергетический комплекс является основой экономики Томской области и важнейшей сферой промышленной деятельности, определяющей уровень жизни населения, поэтому к числу приоритетов развития топливно-энергетического комплекса, в частности, относятся:

- совершенствование баланса котельно-печного топлива за счет вовлечения местных ресурсов (торфа, бурого угля и дров);
- расширение рынка сбыта местных топливно-энергетических ресурсов и сокращение объемов ввозимого топлива.

Решение проблемы повышения экономической эффективности и коэффициента полезного использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии на основе перспективных технологий внутрицикловой газификации в энергетических установках составляет актуальную задачу научных исследований. По данным [1], на территории Томской области было расположено 38 пунктов с населением 36 тыс. человек, электроснабжение которых осуществляется от дизельных электростанций (ДЭС), находящихся в муниципальной собственности администраций районов и переданных на обслуживание предприятиям ЖКХ. Общий парк дизель-генераторных установок в муниципальных ДЭС насчитывал более 100 машин суммарной установленной мощностью 50 тыс. кВт, вырабатывающих порядка 50 млн кВт·ч

электроэнергии при расходе дизельного топлива на сумму, превышающую 120 млн руб. в ценах 2002 г. При этом все 38 населенных пунктов обладают собственными запасами низкосортных топлив. Вполне правомерно ставится вопрос о вовлечении в топливно-энергетический баланс местных видов топлива.

К настоящему времени известно достаточно много работ по комплексной переработке местных низкосортных топлив. В абсолютном большинстве эти работы направлены на реализацию процессов термического преобразования органической массы топлив в высокотемпературных режимах. На наш взгляд, высокотемпературные режимы накладывают ряд ограничений для возможностей массового использования. Такими ограничивающими факторами являются: специальные требования к зданиям и конструкциям, к обслуживанию и ведению технологических режимов, к квалификации обслуживающего персонала. На кафедре парогенераторостроения и парогенераторных установок (ПГС и ПГУ) Томского политехнического университета проводятся исследования по низкотемпературной каталитической переработке низкосортных топлив, таких как древесные опилки, торф, бурый уголь [2–6]<sup>2</sup>. Низкие температуры позволяют уйти от использования легированных сталей, упростить теплоизоляцию, что в конечном итоге дает возможность создавать легко обслуживаемые конструкции установок (подобие печек). В результате выполненных исследований получены данные, которые легли в основу проектирования энергетических установок [7–9], реализующих процесс низкотемпературной внутрицикловой конверсии низкосортных топлив с выработкой тепловой и электрической энергии: установки ВК-1 (индивидуальное теплоснабжение), ВК-2 (индивидуальное теплоэлектроснабжение), ВК-3 (газификация твердого топлива).

Целью настоящей работы является обоснование экономической целесообразности освоения инновационных технологий энергетического использования низкосортных топлив в энергетике на основе нового способа низкотемпературной внутрицикловой конверсии.

### Постановка задачи

Основная идея исследованной технологии внутрицикловой конверсии заключается в низкотемпературной внутрицикловой термической переработке местных низкосортных топлив высокой влажности в пиролизере и получении водородсодержащего синтез-газа путем применения высокоэффективной технологии паротепловой каталитической конверсии углерода топлива, основные преимущества которой заключаются в следующем:

- топливом является доступное местное сырье;
- продукты переработки могут представлять собой исходный материал для дальнейшего использования;
- ведение процесса при низких температурах позволяет снижать капиталовложения и снижает экологическое загрязнение;
- катализатором является доступное вещество;
- появляется возможность частичной или полной децентрализации энергоснабжения.

Все три установки внутрицикловой конверсии (ВК), разработанные на кафедре ПГС и ПГУ, основаны на низкотемпературной переработке топлива. В качестве топлива используется местное сырье (бурые угли, торф, древесные опилки), продукты переработки являются исходным материалом для дальнейшего использования, процесс протекает при низких температурах (до 400 °С). Установки ВК предназначены для отопления, горячего водоснабжения и выработки электрической энергии объектов малой энергетики и индивидуальных потребителей. Установки работают на естественной тяге, которая создается за счет дымовой трубы и самих установок. Циркуляция теплоносителя естественная, осуществляется за счет разности плотностей входящей и выходящей воды. Конструкторские расчеты проводились для установок ВК, работающих на древесных опилках, результатами которых являются расходные характеристики и основные геометрические размеры аппаратов (табл. 1–3).

<sup>2</sup> Казаков А. В. Термическая конверсия низкосортных топлив применительно к газогенерирующим установкам: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2002. 158 с.

Таблица 1

## Результаты расчета установки ВК-1

Параметры	Мощность установки, кВт		
	100	55	4
Расход газа, м <sup>3</sup> /с	0,006	0,0032	0,0002
Общий расход топлива, кг/с	0,007	0,0034	0,00023
Габариты установки, Ш × Г × В, м	3 × 1 × 3	3 × 1 × 3	3 × 1 × 0,8
Количество теплообменных труб, шт.	66	50	10

Таблица 2

## Результаты расчета установки ВК-2

Параметры	Мощность установки, кВт		
	100	50	3
Расход газа, м <sup>3</sup> /с	0,006	0,003	0,0002
Общий расход топлива, кг/с	0,007	0,0032	0,0002
Высота угольного электрода, м	1	1	1
Наружный диаметр бака с водой, м	1,08	1,08	1,08
Наружный диаметр топливного бункера, м	1,08	1,08	1,08
Высота установки, м	3	3	3
Количество электродов, шт.	6	3	1
Количество теплообменных пластин, шт.	246	142	91

Таблица 3

## Результаты расчета установки ВК-3

Параметры	Мощность установки, кВт		
	100	50	3
Расход газа, м <sup>3</sup> /с	0,006	0,003	0,0002
Общий расход топлива, кг/с	0,007	0,0032	0,0002
Габариты установки, Ш × В, м	1 × 2,449	1 × 2,449	1 × 2,449
Длина нижней части газификатора, м	0,5	0,5	0,5
Длина верхней части газификатора, м	5,398	5,398	5,398
Количество теплообменных труб, шт.	24	10	3

На основе вышеприведенных результатов проводится вычисление экономического эффекта от замены парка ДЭС на установки ВК. Сопоставление ежегодных затрат на содержание ДЭС и тех выгод в денежном выражении, которые могут быть получены от использования установок ВК, и будет тем экономическим результатом, который ожидается от их внедрения. В соответствии с вышеизложенными основными решаемыми задачами являются:

- определение затрат на производство и эксплуатацию установок ВК;
- определение бюджетной эффективности замещения ДЭС установками ВК;
- анализ чувствительности, в зависимости от сценариев развития проекта;
- определение ожидаемого интегрального эффекта.

### Методы анализа

В качестве метода анализа эффективности внедрения инновационных энергетических технологий на основе установок ВК выбран алгоритм из работы <sup>3</sup>, посвященной созданию

<sup>3</sup> Зубова М. В. Инструменты оценки эффективности инвестиций в инновационные энерготехнологии: Дис. ... канд. экон. наук. Красноярск, 2007. 245 с.

инструментов оценки эффективности инвестиций в инновационные энерготехнологии и основанной на комплексной оценке энергопотребления, энергоресурсов, новой технологии и экологии. На базе данного алгоритма проведена сравнительная эффективность внедрения новых установок ВК и существующих ДЭС.

Для оценки энергопотребления и энергоресурсов удаленных населенных пунктов в первую очередь определяется потребность в топливе и выполняется анализ возможностей добычи энергоресурсов. Для этого выполняется предварительная технико-экономическая оценка, подразумевающая оценку экологической обстановки в районе и прогноз технико-экономических показателей местных энергоресурсов. В случае отрицательных результатов технико-экономической оценки делается вывод о нецелесообразности инвестирования выбранных энергетических технологий. В случае положительных результатов формируется сценарий освоения инновационных энергетических технологий. После этого исходя из оценки экологической обстановки делается вывод об уменьшении или увеличении вредных выбросов с применением новых технологий. В случае превышения предыдущих показателей по вредным выбросам делается вывод о нежелательности использования этих технологий и их внедрение отклоняется. При уменьшении этих выбросов и исходя из сформированных сценариев освоения инновационных энерготехнологий выполняется оценка общей эффективности и масштабов тиражирования этих технологий. При отрицательных результатах этой оценки технологии считаются неэффективными. В случае положительных результатов выполняется анализ коммерческой и бюджетной эффективности, предотвращенного экологического ущерба. Оценка коммерческой эффективности включает идентификацию рисков освоения новых технологий, анализ чувствительности, определение границ безубыточности, определение ожидаемого интегрального эффекта от освоения технологии в рамках границ безубыточности. При положительном интегральном эффекте принимается решение о целесообразности проекта. В случае отрицательного интегрального эффекта выполняется оценка коммерческой эффективности с учетом возможных сторонних инвесторов. Если по результатам этой оценки даже с учетом инвесторов ожидаемый интегральный эффект остается отрицательным, то проект считается нецелесообразным.

### Основной результат

Затраты на установки ВК (табл. 4, 5) определяются капитальными затратами и ежегодными расходами на поддержание работоспособного состояния. Капитальные (единовременные) затраты на установки ВК определяются величиной затрат на заработную плату, затрат на материалы, накладных расходов, затрат на оборудование. Эксплуатационные затраты определяются величиной затрат на топливо, текущий ремонт, затрат на воду, амортизационных отчислений.

Столь низкие эксплуатационные затраты, в первую очередь, объясняются отсутствием топливной составляющей при условии административно-правового содействия в реализации программы замещения ДЭС установками ВК. В случае возникновения затрат на топливо, далее приведен соответствующий расчет показателей. Ежегодные затраты на топливо для ДЭС мощностью 100 кВт (согласно [1]) составляют порядка 240 тыс. руб. Из этого следует, что экономия на эксплуатационных затратах как минимум составляет 188...198 тыс. руб. при работе одной установки мощностью 100 кВт при соответствующих капитальных затратах 252...334 тыс. руб.

На основе результатов по затратам определены показатели инвестиционной деятельности (табл. 6) в расчете на 100 кВт установленной мощности. Здесь чистая приведенная стоимость ( $NPV$ ) определяется разницей между экономией затрат ( $D_t$ ) при внедрении установок ВК с учетом ставки дисконтирования ( $i = 10\%$ ) и первоначальных инвестиций ( $I_t$ ), вложенных в производство установок. Чистый денежный поток формируется как разница между экономией на эксплуатационных затратах и капитальными затратами.

ЧДД, рассчитанный по (1), показывает, что на втором году эксплуатации затраты полностью окупаются и начинается экономия средств:

$$NPV = \sum_{t=1}^3 \frac{D_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^3 I_t. \quad (1)$$

При условии финансирования разработанного проекта из местного бюджета представленная выше экономия является показателем бюджетной эффективности. При этом происходит экономия эксплуатационных затрат, связанных с выработкой электрической энергии и заменой дизельных установок установками ВК. За 5 лет совокупная экономия (*NPV*) в расчете на 100 кВт установленной мощности составит от 509 до 878 тыс. руб. при среднегодовой экономии 85...146 тыс. руб. в зависимости от типа установки. Социальная эффективность внедрения установок ВК достигается за счет снижения себестоимости вырабатываемой продукции – тепловой и электрической энергии и, как следствие, снижения отпускной цены.

Говоря о потенциальной эффективности проекта по замещению всего парка ДЭС установками ВК на территории Томской области, можно констатировать, что экономия эксплуатационных затрат при суммарной установленной мощности в 50 тыс. кВт может достигать уровня 97 млн руб. в год (табл. 7).

Таблица 4

Затраты на установку ВК-1, тыс. руб.

Вид затрат	Мощность установки, кВт		
	100	55	4
Капитальные	334	205	28
Эксплуатационные	42	32	19

Таблица 5

Затраты на установки ВК-2, ВК-3, тыс. руб.

Вид затрат	Установка	Мощность установки, кВт		
		100	50	3
Капитальные	ВК-2	252	178	25
	ВК-3	266	177	25
Эксплуатационные	ВК-2	47	35	24
	ВК-3	52	45	33

Таблица 6

Показатели инвестиционной деятельности, тыс. руб.

Показатели	Обозначение	Сборка, год	Эксплуатация, год				
		0	1	2	3	5	
Инвестиции	$I_t$	ВК-1	334	–	–	–	–
		ВК-2	252	–	–	–	–
		ВК-3	266	–	–	–	–
Чистый денежный поток	$D_t$	ВК-1	–	–136	62	260	656
		ВК-2	–	–59	134	327	738
		ВК-3	–	–78	110	298	724
Чистая приведенная стоимость (ЧДД)	$NPV$	ВК-1	–334	–124	51	195	407
		ВК-2	–252	–54	111	246	458
		ВК-3	–266	–71	91	224	450

Таблица 7

Потенциальная эффективность проекта, тыс. руб.

Показатель	Установка			
	ДЭС	ВК-1	ВК-2	ВК-3
Эксплуатационные затраты на мощность 100 кВт	240	42	47	52
Эксплуатационные затраты на мощность 50 тыс. кВт	120 000	21 000	23 500	26 000
Экономия эксплуатационных затрат на мощность 50 тыс. кВт		99 000	96 500	94 000

Таблица 8

Прогнозная величина совокупного риска

Наименование риска	Величина риска
Технические	0,07
Финансово-экономические	0,08
Экологические	0,12
Социальные	0,06
Совокупный риск	0,33

Эксплуатационные затраты на установки ВК приведены исходя из цен 2012 г., затраты на ДЭС (см. табл. 7) – из стоимости дизельного топлива по состоянию на 2002 г. из источника [1]. Естественно, что затраты на дизельное топливо в 2012 г. значительно выше, чем в 2002 г., следовательно можно рассчитывать на кратное увеличение экономии эксплуатационных затрат при переходе на выработку электрической энергии установками ВК суммарной установленной мощностью 50 тыс. кВт для покрытия нужд изолированных районов Томской области.

Согласно выбранному методу анализа эффективности внедрения инновационных энергетических технологий проведена оценка предотвращенного экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха выбросами [10]. Так, удельный ущерб атмосферному воздуху, наносимый выбросом единицы приведенной массы загрязняющих веществ, составляет 5510,6 руб./усл. т, приведенная масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников выбросов, не поступивших в атмосферный воздух, – 6,33 усл. т, а предотвращенный экологический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами оценивается в 38,37 тыс. руб.

Оценка коммерческой эффективности выполняется по методике М. В. Зубова, наиболее близко подходящей к тематике исследований, и включает идентификацию технических, финансово-экономических, экологических и социальных рисков, что в целом позволяет определить вероятность наступления риска. Технические риски определяются зависимостью использования технологии от качества энергоресурсов (низкосортное топливо), надежностью и безопасностью внедряемой технологии низкотемпературной внутрицикловой конверсии, реальными объемами энерго-ресурсосбережения. Финансово-экономические риски определяются неустойчивостью объемов спроса, изменением в системе налогообложения, изменением штрафов по экологическим выбросам, ростом стоимости используемых низкосортных энергоресурсов. Экологические риски определяются величиной загрязнения окружающей среды при эксплуатации установок ВК, а также вероятными последствиями от аварий, сопровождающихся вредными выбросами. Социальные риски – возможным ростом тарифов на производимую продукцию, отсутствием субсидий из государственного бюджета. Определение всех вышеперечисленных рисков позволило спрогнозировать величину совокупного риска (табл. 8) по внедрению установок ВК.

По результатам расчета видно, что вероятность наступления совокупного риска ниже среднего и ближе к критерию «скорее не наступит». Наибольшую величину представляют экологические риски, обусловленные важностью предотвращения наступления такого события. Технические риски обусловлены, прежде всего, надежностью и безопасностью внедряемой технологии. Финансово-экономические риски в основном зависят от стоимости используемого сырья, а социальные риски всецело зависят от политики, проводимой местными властями.

Анализ чувствительности проекта по замещению действующего парка ДЭС на установки ВК проводится для оптимистического и пессимистического сценариев, связанных с изменением стоимости низкосортного топлива в диапазоне 0...300 руб./т.н.т., и нормы дисконта (ставки доходности) 10...25 % в случае привлечения частных инвесторов. Таким образом, оптимистичный и пессимистичный сценарии характеризуются показателями, приведенными в табл. 9.

При анализе чувствительности используется величина чистого дисконтированного дохода (*NPV*), вычисленная для двух сценариев. Для оптимистического сценария *NPV* составляет значения, рассчитанные по данным табл. 6. Для пессимистичного сценария значения *NPV* приведены в табл. 10 (значения приведены в расчете на 100 кВт установленной мощности за 5 лет).

Согласно расчетам по пессимистичному сценарию на втором году эксплуатации экономия топливной составляющей в денежном выражении составляет 19...49 тыс. руб. в зависимости от типа установки мощностью 100 кВт. Аналогично вычислениям, значения которых приведены в табл. 7, произведен расчет потенциальной эффективности проекта по пессимистичному сценарию для суммарной установленной мощности в 50 тыс. кВт в виде экономии эксплуатационных затрат в среднем за 1 год. Для установки ВК-1 такая экономия составляет 6,8 млн руб., для установок ВК-2 и ВК-3 – 35,3 и 28,3 млн руб./год соответственно.

Таблица 9

## Показатели сценариев

Сценарий	Предполагаемый диапазон изменения показателей	
	Цена топлива, руб./т.н.т.	Норма дисконта, %
Оптимистичный	0	10
Пессимистичный	300	25

Таблица 10

Значения *NPV* для оптимистичного и пессимистичного сценариев

Сценарий	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.		
	ВК-1	ВК-2	ВК-3
Оптимистичный	509	878	787
Пессимистичный	68	353	283

Таблица 11

## Значения ожидаемого интегрального эффекта за 5 лет

Тип установки	Ожидаемый интегральный эффект, млн руб.
ВК-1	100,15
ВК-2	255,25
ВК-3	217,10

С учетом существующей неопределенности в виде двух сценариев развития проекта оценка его эффективности в целом осуществляется посредством определения ожидаемого интегрального эффекта  $\mathcal{E}_{\text{ож}}$ , зависящего от наибольшего  $\mathcal{E}_{\text{max}}$  и наименьшего  $\mathcal{E}_{\text{min}}$  интегральных эффектов ( $NPI$ ) по рассмотренным сценариям, с учетом норматива  $\lambda$  (согласно рекомендациям принято 0,3), отражающего предпочтения соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности:

$$\mathcal{E}_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{max}} \cdot \lambda + (1 - \lambda) \cdot \mathcal{E}_{\text{min}}. \quad (2)$$

Значения ожидаемого интегрального эффекта от реализации проекта по замещению действующего парка ДЭС на установки ВК на территории Томской области в расчете на 5 лет с учетом неопределенности приведены в табл. 11.

Таким образом, исходя из результатов табл. 11 видно, что в условиях неопределенности реализация проекта по замещению действующего парка ДЭС на установки ВК представляется экономически целесообразной в условиях привлечения инвестиций как из бюджетов различных уровней, так и частного капитала.

### Выводы

1. Капитальные затраты на производство установок ВК превосходят стоимость существующих ДЭС, однако низкие эксплуатационные затраты, определяемые стоимостью топлива, приводят к быстрой окупаемости затрат.

2. Бюджетная эффективность проекта по замещению действующего парка ДЭС установками ВК определяется экономией затрат на топливную составляющую в процессе выработки электроэнергии, которая может достигать уровня 97 млн руб. в год.

3. Чувствительность проекта к изменению внешних факторов в виде оптимистичного и пессимистичного сценариев, зависящих от стоимости топлива и нормы дисконта, изменяется в пределах 2,5...7,5 раз, при этом показывая положительный эффект.

4. Ожидаемый интегральный эффект от реализации проекта по замещению действующего парка ДЭС установками ВК на территории Томской области в течение 5 лет находится на уровне 100...255 млн руб., что свидетельствует об экономической целесообразности тиражирования установок ВК.

### Список литературы

1. *Сергеев М. Н.* Электроснабжение потребителей изолированных районов Томской области: состояние и перспектива // Энергоснабжение и энергетическая безопасность регионов России. III Всероссийское совещание: Сб. докл. Томск: Изд-во ЦНТИ, 2002. С. 30–38.

2. *Макеев А. А., Казаков А. В.* Каталитическая тепловая и вентиляционная энергетическая установка // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Сб. тр. науч.-техн. семинара. Томск, 1998. С. 105–106.

3. *Казаков А. В.* Разработка способа использования местных топлив в энергосберегающих технологиях // Энергоснабжение и энергетическая безопасность регионов России. III Всероссийское совещание: Сб. докл. Томск: Изд-во ЦНТИ, 2002. С. 201–202.

4. *Казаков А. В., Казакова О. А., Новосельцев П. Ю.* Теплотехнические характеристики местных топлив томской области // Изв. Том. политехн. ун-та. 2009. Т. 314, № 4: Энергетика. С. 38–41.

5. *Заворин А. С., Макеев А. А., Казакова О. А. и др.* Возможные нетрадиционные направления использования углей и торфа Томской области // Обсуждение проблем и перспектив освоения месторождений томской области: Материалы круглого стола. Томск: Изд-во STT, 2006. С. 70–77.

6. *Заворин А. С., Макеев А. А., Казаков А. В. и др.* Исследование процесса генерации газа в автономных энергетических установках // Теплоэнергетика. 2010. № 1. С. 74–78.

7. *Казакова О. А., Заворин А. С., Казаков А. В.* Исследование угля Таловского месторождения Томской области: Моногр. Томск: Изд-во STT, 2010. 172 с.

8. Казаков А. В., Заворин А. С. Конверсия некондиционных топлив в низкотемпературном режиме: Моногр. Томск: Изд-во STT, 2011. 258 с.
9. Казаков А. В. Малотоннажная конверсия низкосортных топлив: технические решения: Моногр. / Том. политехн. ун-т. Томск: Изд-во STT, 2012. 220 с.
10. Данилов-Данильян В. И. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. М., 1999. 41 с.

*Материал поступил в редколлегию 20.12.2012*

**A. V. Kazakov, A. S. Zavorin, O. A. Kazakova**

**TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF IMPLEMENTATION ENERGY SYSTEMS BASED  
INSIDE CYCLIC CONVERSION LOW GRADE FUEL ON EXAMPLE TOMSK REGION**

Justification evaluating the effectiveness and feasibility of the development of innovative technologies of power use low-grade fuels in small energy based low-temperature cycle in the conversion. Gives the characteristic constructions, economic performance, net present value, expected integral effect.

*Keywords:* technical and economic assessment, energy constructions, inside cyclic conversion, Low-grade fuel, Tomsk region, budgetary efficiency.