

УДК 620.95:662.638

А. В. Ледницкий

Белорусский государственный технологический университет

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАБОТКИ
ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
ПРИ СЖИГАНИИ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА**

В данной статье сформирована система показателей для оценки экономической (коммерческой) и социально-экономической эффективности использования древесного топлива в целях выработки тепловой и электрической энергии. Данная система включает: годовую выработку тепловой и электрической энергии; трудоемкость производства тепловой и электрической энергии; капитальные вложения; расход условного топлива на выработку тепловой и электрической энергии; выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; текущие издержки.

В работе также изложена методика оценки эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии, которая базируется на принятой системе показателей, современных методах оценки эффективности инвестиций и действующих методических документах. Для повышения эффективности сопоставления различных проектов, значительно различающихся объемами вырабатываемой энергии, первоначальными капитальными вложениями и сроком эксплуатации оборудования, автором предлагается к расчету показатель удельного дисконтированного дохода.

Результаты выполненной оценки эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии свидетельствуют о возможности продажи в сеть тепловой и электрической энергии с прибылью. Вместе с тем, результат коммерческой оценки значений дисконтированных показателей свидетельствует об отрицательной эффективности проекта и нецелесообразности его инвестирования. То есть проект может быть рекомендован к внедрению при действующих тарифах только с социальной, экологической точек зрения или с позиции обеспечения энергетической безопасности страны. Данные выводы подтверждает расчет социально-экономической эффективности. В этом случае ставка дисконтирования снижается на 65%. Это позволяет достичь проходных значений для дисконтируемых показателей.

Ключевые слова: древесное топливо, топливная щепка, система показателей, методика, экономическая оценка, удельный дисконтированный доход, практические рекомендации.

A. V. Lednitsky

Belarusian State Technological University

**ECONOMIC EFFICIENCY OF HEAT AND ELECTRICITY GENERATION
FROM BURNING WOOD FUEL**

The article outlines a system of indicators to evaluate economic (commercial) and socioeconomic efficiency of wood fuel used for heat and electricity generation. The system involves annual output of heat and electricity; labour intensity of heat and electricity generation; capital investment; reference fuel consumption for heat and electricity generation; emissions of pollutants into the atmosphere; running expenditures.

The paper also dwells upon the methodology to evaluate efficiency of wood fuel used to generate heat and electricity. The suggested methodology is based on the commonly accepted system of indicator, modern techniques of evaluating the efficiency of investments as well as on the current guidance documents. The authors suggest the indicator of specific discounted income as a possible tool to increase the efficiency of comparing various projects that differ considerably in energy outputs, initial investments and service life of the equipment.

The evaluation results of the efficiency of wood fuel used for heat and electricity generation prove the profit opportunities of heat and electricity being supplied to energy network. At the same time, commercial evaluation of discounted index values demonstrates negative efficiency of the project and makes it infeasible in terms of investment opportunities. This makes us conclude that the project may be recommended for implementation only under the current rates and with a view to the existing social and ecological situation or ensuring national energy safety. These conclusions can be proved by the calculations of socioeconomic efficiency. This being the case, the discount rate reduces by 65% which makes it possible to achieve transit values for discounted indexes.

Key words: wood fuel, wood chips, a system of indicators, methodology, economic evaluation, specific discounted income, practical recommendations.

Введение. В связи с постоянным удорожанием импортируемых в Беларусь энергетических ресурсов одной из актуальных задач обеспечения национальной безопасности является обеспечение энергетической и, как следствие, экономической безопасности государства. В настоящее время этот показатель для Беларуси равен примерно 15% (в том числе: нефть – 40%, древесное топливо – 28%, торф – 16%, попутный горючий газ – 6%, ветро- и гидроэнергия – 0,2%, прочие виды топлива – 9,8%). Остальные 85% энергоресурсов импортируются, главным образом, из России.

В этой связи для обеспечения энергетической безопасности страны весьма актуальной становится задача диверсификации потребляемых энергоресурсов и их поставщиков. В стране постоянно реализуется комплекс мер, направленных на увеличение использования местных видов топлива, к которым относят ископаемые и возобновляемые источники энергии, добываемые на территории республики.

Необходимо отметить, что реализация политики по увеличению использования местных видов топлива не только повышает энергетическую безопасность страны, способствует импортозамещению, но и создает значительное количество современных, высокопроизводительных рабочих мест, позволяет значительно интенсифицировать экономику регионов, повышая тем самым их конкурентоспособность.

Система показателей для определения эффективности использования древесного топлива для выработки энергии. Для оценки экономической (коммерческой) и социально-экономической эффективности использования древесного топлива в целях выработки тепловой и электрической энергии требуется выбрать ряд показателей.

Примем для этих целей следующую систему показателей:

- годовая выработка тепловой и электрической энергии;
- трудоемкость производства тепловой и электрической энергии;
- капитальные вложения;
- расход условного топлива на выработку тепловой и электрической энергии;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- текущие издержки.

Их выбор обуславливается необходимостью учета физико-химических и теплотехнических свойств древесного топлива, а также основных технико-экономических характеристик используемого энергооборудования.

Методика оценки эффективности использования древесного топлива для выра-

ботки тепловой и электрической энергии.

Методика базируется на принятой системе показателей, современных методах оценки эффективности инвестиций и учитывает основные положения, изложенные в методических рекомендациях по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса, а также инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ. Кроме того, для повышения эффективности сопоставления различных проектов, значительно различающихся объемами вырабатываемой энергии, первоначальными капитальными вложениями и сроком эксплуатации оборудования, автором предлагается к расчету показатель удельного дисконтированного дохода.

Удельный дисконтированный доход (УДД) от производства тепловой и электрической энергии (УДД^{теп(эл)}) определяется по формуле

$$\text{УДД}^{\text{теп(эл)}} = \frac{\sum_{t=T_n}^{T_k} (\Pi_{\text{чт}} + \text{АО}_t - K_t + K_{\text{ликв}}) \cdot \alpha_t \cdot \gamma_t^{\text{теп(эл)}}}{\sum_{t=T_n}^{T_k} Q_t^{\text{теп(эл)}}}, \quad (1)$$

где T_n и T_k – начальный и конечный год реализации проекта; $\Pi_{\text{чт}}$ – чистая прибыль от реализации мероприятий создания новых источников тепловой и электрической энергии на древесном топливе в t -м году; АО_t – амортизационные отчисления на реновацию в t -м году; K_t – капитальные вложения на приобретение, доставку, монтаж энергооборудования, строительство здания ТЭЦ и прокладку теплотрасс соответственно в t -м году; $K_{\text{ликв}}$ – ликвидационная стоимость объекта в t -м году; α_t – коэффициент дисконтирования в t -м году; $Q_t^{\text{теп(эл)}}$ – объем выработки тепловой (электрической) энергии; $\gamma_t^{\text{теп}}$ – доля доходов, приходящаяся на выработку тепловой (электрической) энергии в t -м году.

Если значение УДД > 0, то мероприятие эффективно и может быть принято к реализации. Значение УДД < 0 означает, что мероприятие неэффективно и должно быть отклонено. При УДД = 0 полученный доход будет равен вложенному капиталу и мероприятие может быть принято либо отклонено.

Выбор наиболее эффективного варианта реализации мероприятия выполняется согласно выражению

$$\text{УДД}_j \rightarrow \max(j = \overline{1, m}), \quad (2)$$

где j – индекс варианта реализации мероприятия; m – количество сравниваемых вариантов.

Лучшим признается вариант реализации мероприятия, имеющий *максимальное* значение УДД. Кроме того, для более точной оценки эффективности инвестиций могут быть рассчитаны показатели чистой текущей стоимости, внутренней нормы доходности, индекса рентабельности и периода возврата инвестиций.

Оценка экономической эффективности использования древесного топлива для выработки энергии. Оценка экономической (коммерческой) и социально-экономической эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии выполнена в соответствии с разработанной и принятой методикой.

Норматив приведения затрат и результатов к единому моменту времени (E) был принят на уровне 14% для коммерческой оценки, что позволило учесть ставку процента по долгосрочным депозитам, реальный уровень инфляции и проектные риски. Для выполнения социально-экономической оценки уровень ставки E был принят 5%. Для обеспечения сопоставимости расчетный период принимался

равным нормативному сроку службы оборудования. Ликвидационная стоимость энергооборудования ($K_{лик}$) на момент окончания его использования принята равной нулю. Кроме того, в расчетах было принято, что период строительства мини-ТЭЦ составляет 9 месяцев; стоимость 1 Гкал реализуемой тепловой энергии равна 32,36 долл. США, а стоимость 1 кВт·ч реализуемой электрической энергии составляет 0,129 долл. США.

Результаты расчетов текущих издержек на производство и реализацию тепловой и электрической энергии представлены в табл. 1, а результаты выполненной оценки экономической (коммерческой) и социально-экономической эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 1 и 2, реализация проекта строительства мини-ТЭЦ на древесном топливе обеспечивает возможность продажи в сеть тепловой и электрической энергии с прибылью, то есть себестоимость выработки тепловой и электрической энергии при сжигании древесного топлива ниже действующих в энергосистеме тарифов.

Таблица 1

Текущие издержки производства и реализации энергии

Элементы затрат	Строительство и освоение (9 мес.)	Эксплуатация (12 мес.)
Материальные затраты, долл. США/год:	372 426,72	1 489 706,87
– топливо	275 169,37	1 100 677,49
– электроэнергия	74 440,94	297 763,76
– техническая вода	6 869,56	27 478,25
– платежи за выбросы	15 946,84	63 787,37
Расходы на оплату труда, долл. США/год	16 596,06	66 384,25
Отчисления на социальные нужды, долл. США/год:	5 808,62	23 234,49
– в Фонд социальной защиты населения	5 642,66	22 570,65
– обязательное государственное страхование	165,96	663,84
Амортизация, долл. США/год:	136 250,00	545 000,00
– оборудования	77 875,00	311 500,00
– зданий	20 875,00	83 500,00
– передаточных устройств	37 500,00	150 000,00
Прочие затраты, долл. США/год:	111 261,25	444 840,63
– страхование имущества:	6 461,25	25 640,63
оборудования	2 336,25	9 228,19
зданий	1 875,00	7 468,69
передаточных устройств	2 250,00	8 943,75
– отчисления в ремонтный фонд:	104 800,00	419 200,00
оборудования	62 300,00	249 200,00
зданий	12 500,00	50 000,00
передаточных устройств	30 000,00	120 000,00
Текущие издержки производства энергии, долл. США/год	642 342,65	2 569 166,23
Текущие издержки производства 1 Гкал, долл. США/Гкал	26,86	26,86
Текущие издержки производства 1 кВт·ч, долл. США/кВт·ч	0,03	0,03

Таблица 2

Показатели оценки экономической (коммерческой) и социально-экономической эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии

Вид и тип энергооборудования	Котел паровой КЕ-20-24-350
Вид используемого топлива	Древесная топливная щепа
Мощность котла, тонн пара в час	20
КПД котла, %	82,5
Мощность турбоагрегата, кВт	1 500
Стоимость используемого топлива, долл./т у.т.	69,16
Выработка тепловой энергии в год, Гкал/год	91 962
Выработка электрической энергии в год, кВт·ч/год	2 947 500
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, т/год:	
– твердые частицы	123,526
– NO ₂	20,983
– CO	456,967
– SO ₂	0,000
Удельная трудоемкость, чел·ч./Гкал	0,258
Удельная трудоемкость, чел·ч./кВт·ч	0,008
Удельные капиталовложения, долл. США/Гкал	9,01
Удельные капиталовложения, долл. США/кВт·ч	0,011
Удельные капиталовложения, долл. США/кВт установленной тепловой мощности	1 096
Удельные капиталовложения, долл. США/кВт установленной электрической мощности	445
Стоимость 1 Гкал реализуемой тепловой энергии, долл./Гкал	32,36
Стоимость 1 кВт·ч реализуемой электрической энергии, долл./кВт·ч	0,129
Прибыль отчетного периода, долл. США/год	786 951,59
Чистая прибыль, долл./год	645 300,30
Экономическая (коммерческая) эффективность (E = 14%)	
Норма прибыли на вложенный капитал, %	6,61
Период возврата капитала по среднему значению прибыли, лет	15,12
Период возврата капитала по кумулятивному значению прибыли, лет	15,17
Чистый дисконтированный доход, долл. США	-8 585 509,60
Внутренняя норма доходности, %	5,14
Индекс рентабельности инвестиций	0,47
Дисконтированный период возврата капитала, лет	Более 20 лет
Удельный дисконтированный доход, долл./Гкал	-4,49
Удельный дисконтированный доход, долл./кВт·ч	-0,0056
Социально-экономическая эффективность использования (E = 5%)	
Норма прибыли на вложенный капитал, %	6,61
Период возврата капитала по среднему значению прибыли, лет	15,12
Период возврата капитала по кумулятивному значению прибыли, лет	15,17
Чистый дисконтированный доход, долл. США	239 685,04
Внутренняя норма доходности, %	5,14
Индекс рентабельности инвестиций	1,09
Дисконтированный период возврата капитала, лет	19,9
Удельный дисконтированный доход, долл./Гкал	0,13
Удельный дисконтированный доход, долл./кВт·ч	0,0002

Однако, принимая во внимание высокие первоначальные капиталовложения, результаты оценки эффективности инвестиций в данный проект не такие однозначные. Так, при оценке экономической (коммерческой) эффективности создания мини-ТЭЦ на древесном топливе значение простых показателей эффективности инвестиций свидетельствует о возможности финансирования данного проекта. Период возврата

капитала по кумулятивному значению прибыли (15,17 года) находится в пределах нормативного срока службы ведущего оборудования (20 лет), инвестиции обеспечивают прибыль на вложенный капитал в размере 6,61%. Вместе с тем, значение дисконтированных показателей свидетельствует об отрицательной эффективности проекта и нецелесообразности его инвестирования. Так, значение чистого дисконтированного дохода

отрицательное (–8 585 509,60 долл. США), внутренняя норма доходности (5,14%) находится на уровне ниже ставки дисконтирования (14%), индекс рентабельности инвестиций (0,47) меньше 1, дисконтированный период возврата капитала превышает нормативный срок службы ведущего оборудования. При этом обобщающий показатель эффективности инвестирования в проект создания мини-ТЭЦ – удельный дисконтированный доход – как для тепловой, так и электрической энергии имеет отрицательное значение (–4,49 и –0,0056 соответственно). В этой связи, проект может быть рекомендован к внедрению только с социальной, экологической точек зрения или с позиции обеспечения энергетической безопасности страны.

Данные выводы подтверждает расчет социально-экономической эффективности. В этом случае ставка дисконтирования снижается на 65% до значения 5%. Это позволяет достичь проходных значений для дисконтируемых показателей. Так, значение чистого дисконтированного дохода становится положительным (239 685,04 долл. США), внутренняя норма доходности (5,14%) выше ставки дисконтирования (5%), индекс рентабельности инвестиций (1,09) становится больше 1. При этом обобщающий показатель эффективности инвестирования – удельный дисконтированный доход – как для тепловой, так и электрической энергии имеет положительное значение (0,13 и 0,0002 соответственно).

Заключение. Выполненная оценка эффективности использования древесного топлива для выработки тепловой и электрической энергии в целом свидетельствует об экономической целесообразности и перспективности такого направления обеспечения предприятий республики энергией. Тем не менее, при принятии проектных и управленческих решений в области функционирования мини-ТЭЦ полезными будут следующие рекомендации.

1. Снижению стоимости энергооборудования для сжигания древесного топлива может способствовать его широкомасштабное производство в республике, совершенствование технологий и обмен опытом между производителями.

2. При измельчении древесного топлива и автоматизации процесса его подачи и удаления

зола (исключение ручного труда) трудоемкость производства тепловой и электрической энергии практически сравнивается с газообразным и жидким топливом. В этих целях рекомендуются к применению технологии, основанные на предварительном измельчении топлива, и соответствующие котлы.

3. Показатели капиталоемкости производства энергии, зависящие, прежде всего, от сложности конструкции, оснащения его средствами автоматики, уменьшаются с увеличением мощности котельного оборудования. Для снижения удельных капитальных вложений при производстве тепловой и электрической энергии с использованием древесного топлива необходимо дальнейшее совершенствование как конструкций котлоагрегатов, так и систем предварительной подготовки, хранения и подачи топлива. Этому же будет способствовать более полное использование оборудования во времени и по мощности при нагрузках, соответствующих максимальному значению коэффициента полезного действия.

4. Отсутствие в древесном топливе серы и фосфора позволяет снизить температуру отходящих газов до 110–120, против 200–250°C для топлив, содержащих серу, что делает возможным существенное повышение коэффициента полезного действия котлоагрегатов.

5. Зольность и влажность древесного топлива фактически определяют его теплотворную способность и, соответственно, цену при измерении в условных единицах (т у.т.). В этой связи, основываясь на данных скандинавских стран, древесное сырье наиболее целесообразно заготавливать весной или осенью с тем, чтобы оно подверглось атмосферной сушке до конца лета.

6. Учитывая, как правило, ограниченную площадь центрального склада, а также и то, что при хранении в виде щепы потеря сухого вещества составляет до 3% в месяц, целесообразно не менее 50% требуемого объема сезонного запаса хранить в виде дровяного долготья.

7. Склады открытого хранения должны иметь твердое покрытие с уклоном для отвода воды. Для предохранения щепы от уноса ветром по периметру склада устанавливают ограждения из сетки высотой 2,5 м. Рациональный срок хранения щепы не более 3 месяцев летом и 6 месяцев зимой.

Информация об авторе

Ледницкий Андрей Викентьевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и управления на предприятиях. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Сverdлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ledniz@inbox.ru

Information about the author

Lednitsky Andrey Vikentyevich – PhD (Economics), Assistant Professor, Head of the Department of Economics and Plant Management. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ledniz@inbox.ru

Поступила 31.03.2016