УДК 674.8:662.6

Резанов Владимир Константинович – профессор кафедры производственного менеджмента ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет» (г. Хабаровск). *E-mail: rezanov@mail.ru*

Грушина Александра Юрьевна – преподаватель кафедры технологий лесозаготовки и переработки древесины ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет» (г. Хабаровск). *E-mail: alexgrushina@mail.ru*

Vladimir Konstantinovich Rezanov – professor of the production management chair of FGBOU VPO "The Pacific state university" (Khabarovsk). E-mail: rezanov@mail.ru

Aleksandra Yur'evna Grushina – lecturer of the technologies of logging and processing of wood chair of FGBOU VPO "The Pacific state university" (Khabarovsk). E-mail: alexgrushina@mail.ru

В.К. Резанов
V.K. Rezanov

А.Ю. Грушина
A.Yu. Grushina

Исследование условий эффективного использования древесных отходов для выработки тепловой энергии

В статье рассматривается системный подход к определению эффективности энергетического использования вторичных древесных ресурсов. Описана методика оценки энергетического использования древесных отходов на основе социальных, экономических и экологических критериев.

The study of the conditions for effective use of the wood waste for the heat generation

The system approach to the determination of efficiency of the power use of secondary wood resources is considered. The assessment is carried out on the basis of social, economic and ecological criteria. The technique of an assessment of power use of the wood waste is described.

Ключевые слова: *вторичные древесные ресурсы, социально-эколого-экономический критерий, методика оценки эффективности использования биоресурсов.*

Keywords: *secondary wood resources, socio-ecological and economic criteria, methods of evaluating the effectiveness of the use of biological resources.*

Важнейшим параметром устойчивого развития и мерой антропогенной нагрузки на биосферу является мощность (объем) энергопотребления, а основными направлениями достижения необходимого уровня эффективности хозяйствования выступают энергосбережение и экономия невоспроизводимых ресурсов [1].

В лесном комплексе страны, в котором, с одной стороны, затраты на топливо и энергию составляют 40% – 45%, а с другой стороны, образуется огромное количество древесных отходов, приоритетным направлением повышения эффективности работы его предприятий является их перевод на собственные источники энергии – древесное сырье [2].

Из-за относительно низких цен в России на энергоносители применение древесного топлива пока актуально только для лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий, располагающих древесным топливом в виде отходов переработки [1].

Использование древесных отходов на лесоперерабатывающих предприятиях в энергетических целях позволит: уменьшить или исключить вовсе закупку тепловой и электрической энергии или энергоресурсов; утилизировать отходы, сократить расходы на их транспортировку и содержание отвалов; обеспечить независимость от поставщиков тепловой и электрической энергии и таким образом увеличить надежность энергопотребления при постоянной стоимости древесных отходов.

На сегодняшний день теплоснабжение дальневосточного региона, в основном, осуществляется от районных котельных, использующих в качестве теплоносителей уголь и топочный мазут. Наряду с этим, Дальний Восток имеет большие неиспользованные запасы вторичного древесного сырья, которые включают в себя отходы лесозаготовки и лесопиления. Эти отходы представляют технически целесообразное и экономически эффективное топливо для замещения угля и мазута, предполагающее возможность получения финансирования на необходимую реконструкцию и инвестиции в инфраструктуру.

Сегодня уже существуют проекты по замещению древесного угля биомассой, которые предусматривают углеродные кредиты на продажу углеродным инвестиционным фондам и развивающимся международным рынкам. Целью таких кредитов является разработка механизма финансирования новых систем теплоснабжения, работающих на древесном

топливе. Проект может осуществляться в сотрудничестве с местными банками и международными покупателями [3].

Успешное функционирование лесной и лесоперерабатывающей промышленностей достигается за счет усиления комплексного использования древесного сырья на всех стадиях заготовки и переработки древесины путем улучшения структуры производства и рационального использования древесных отходов. Достаточно эффективным направлением применения древесных отходов является использование их в энергетических целях. Но использовать следует только те отходы, которые нельзя или нецелесообразно использовать для дальнейшей переработки.

В этих условиях весьма важным является анализ основных факторов и условий, которые определяют целесообразность использования биоресурсов в энергетических целях в конкретных условиях.

Принципиальная схема исследования условий эффективного использования древесных отходов для производства энергии включает три блока [4] и представлена на рисунке 1.

Анализ предпосылок означает выявление особенностей отдельных сторон малой энергетики. Важное место занимает выявление ее специфики, положительных и негативных моментов в конструкции, в способах передачи энергии, в подготовке топлива к использованию и способах его хранения и т. п. Оценке ресурсов древесных отходов должны предшествовать разработка их классификации, определение потенциальных и фактических объемов ресурсов, а затем и экономически доступных ресурсов. Оценка отрицательного воздействия на природную среду состоит в выявлении наиболее значимых форм влияния: выбросов, возможного загрязнения почвы, вод, отчуждения земельного фонда и его деградации, а также в анализе воздействий (в зависимости от видов топлива и технологии).

На данном этапе исследования при существующем большом разнообразии видов отходов древесины весьма важным является их систематизация. В этом плане нами разработана классификация древесных отходов с позиции использования их для получения энергии, в которой различаются отходы лесозаготовок и переработки [5].

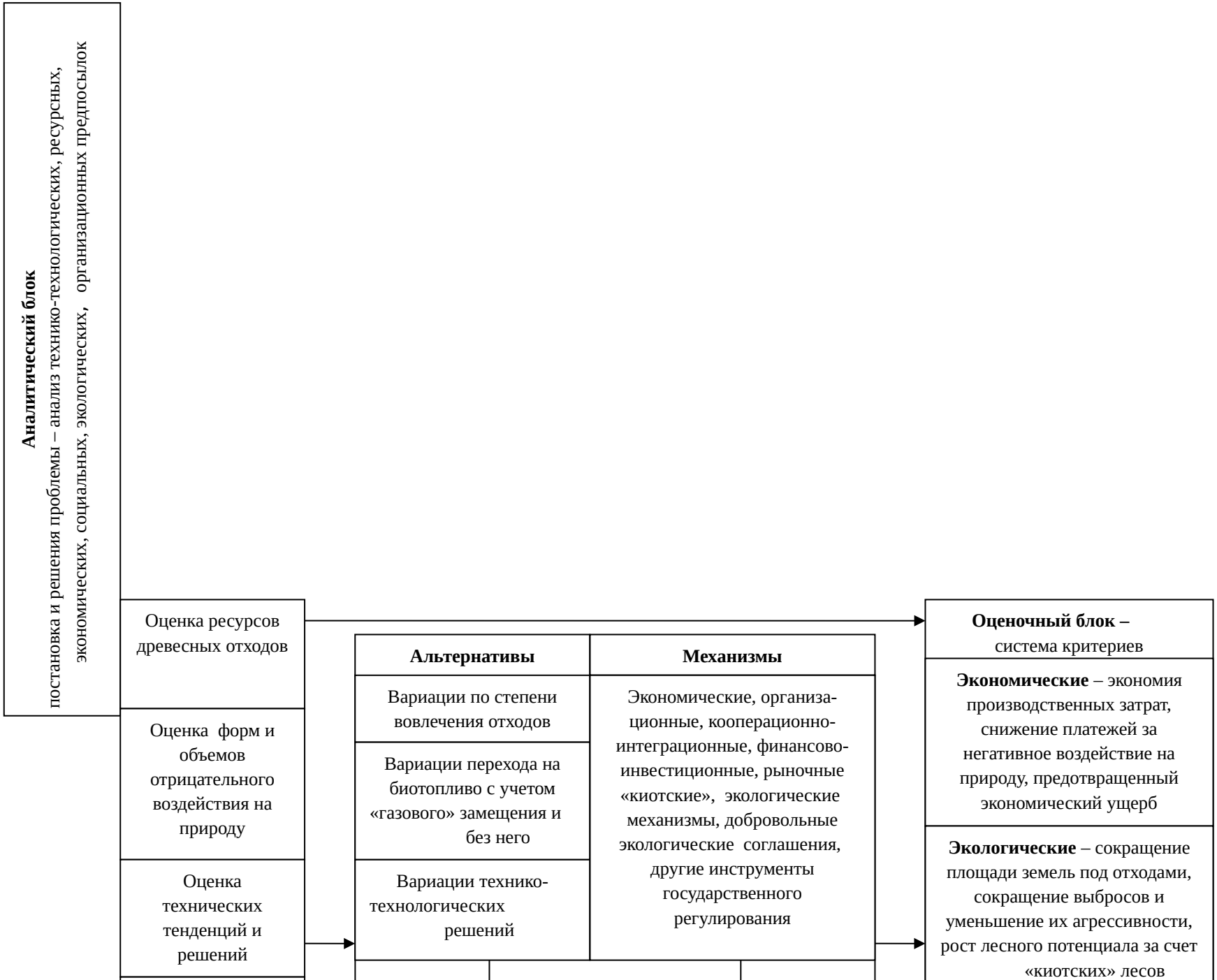

Аналитический блок
постановка и решения проблемы – анализ технико-технологических, ресурсных, экономических, социальных, экологических, организационных предпосылок
Оценка ресурсов древесных отходов
Оценка форм и объемов отрицательного воздействия на природу
Оценка технических тенденций и решений
Альтернативы
Вариации по степени вовлечения отходов
Вариации перехода на биотопливо с учетом «газового» замещения и без него
Вариации технико-технологических решений
Механизмы
Экономические, организа-ционные, кооперационно-интеграционные, финансово-инвестиционные, рыночные «киотские», экологические механизмы, добровольные экологические соглашения, другие инструменты государственного регулирования
Оценочный блок – система критериев
Экономические – экономия производственных затрат, снижение платежей за негативное воздействие на природу, предотвращенный экономический ущерб
Экологические – сокращение площади земель под отходами, сокращение выбросов и уменьшение их агрессивности, рост лесного потенциала за счет «киотских» лесов

Рис.1. Схема исследования условий эффективного использования древесных отходов на энергетические цели

При этом, к ***отходам лесозаготовок*** относят древесные остатки, образующиеся при валке деревьев, очистке их от сучьев, раскряжевке хлыстов, разделке долготья и окорке сортиментов [6]. В своем естественном виде отходы лесозаготовок малотранспортабельны, поэтому при энергетическом использовании они предварительно измельчаются и доставляются к месту дальнейшего использования в виде топливной щепы.

Наибольший интерес для промышленного использования, с точки зрения количества и качества, представляют ***отходы лесопиления и деревообработки***. На лесопильных заводах количество отходов составляет приблизительно 30% – 35% от исходной древесины, на мебельных фабриках – 45%, а на фанерных заводах – 53% – 57% [7].

Для получения энергии могут использоваться практически все отходы деревообработки и лесопиления: горбыль, рейки, срезки, короткомер, стружка, опилки, отходы производства технологической щепы, кора, причем, как в естественном своем виде, так и в качестве топливной щепы.

Важнейшей характеристикой отходов является ***влажность***. По влажности древесные отходы разделяют на высоковлажные, имеющие влажность выше 50%, влажные – от 25% до 50% и сухие – менее 25% [8].

Влажность древесных отходов зависит от того, на каком этапе переработки они образовались. Отходы лесозаготовительной промышленности и лесопиления имеют влажность свежесрубленной древесины. Она зависит от породы древесины и изменяется в пределах от 30% до 100%. Отходы деревообработки имеют также большой разброс влажности. Та древесина, которая прошла атмосферную сушку на открытом воздухе, имеет влажность воздушно сухой древесины 13% – 20%, после камерной сушки древесина имеет влажность 8% – 12% [8]. Так же в деревообработке существуют высоковлажные отходы фанерного производства, которые имеют влажность более 100%, так как перед лущением чураки предварительно проходят операцию проваривания.

По ***размеру*** куска или частицы древесные отходы различны. Имеются мелкие сыпучие отходы, такие как опилки, стружка и топливная щепа, размеры которых от 2 до 30 мм, и крупные кусковые отходы – рейки, горбыли, срезки и т. п., длина которых достигает 1 – 2 м и более, а ширина 100 – 200 мм.

Расчетный блок предполагает ***формирование вариантов производственно-технических решений*** и использование соответствующих механизмов, создающих надлежащие условия для эффективного развития малой энергетики. Возможными параметрами, определяющими уровень эффективности, могут быть решения, связанные с использованием импортного и отечественного оборудования, различающиеся также величиной единичной мощности. Кроме того, следует исследовать различную степень вовлечения древесных отходов и их модификацию как энергетического сырья с целью повышения удобства его использования; надлежащее отражение должно получить «газовое» замещение.

Отбор наилучшего варианта энергетического использования вторичных древесных ресурсов осуществляется в два этапа: 1) выбор наиболее вероятных и рациональных путей энергетического использования вторичных древесных ресурсов; 2) определение из общей совокупности выбранных вариантов оптимального решения с применением количественных методов посредством интегральной оценки их эффективности по выбранному критерию.

Альтернативность решения проблемы энергетического использования древесных отходов достигается в работе за счет вариаций по видам древесного топлива (Т) и вариаций по видам котельного оборудования (К) [9].

Технологические свойства древесной биомассы оказывают существенное влияние на конструкцию топочных устройств, в которых осуществляется ее сжигание, и в значительной мере определяют при этом показатели работы котлоагрегатов котельных [8].

В нашем исследовании рассматриваются следующие основные варианты по видам древесного топлива: 1) кусковые отходы (КО); 2) щепа (Щ); 3) опилки, стружка (ОС); 4) древесные топливные гранулы (ДГ); 5) древесные брикеты (Б). Размеры куска или фракционный состав измельченной древесины должен быть оптимальным для каждого вида топочного устройства.

Каждый из этих основных вариантов разворачивается в систему вариаций второго порядка. Рассматривается породный состав древесного топлива: хвойные породы (ХП), лиственные породы (ЛП) и смесь хвойных и лиственных пород (СП). Также учитывается влажность топлива по группам: 1) влажность более 50% (В>50); 2) влажность 50% – 25% (В50-25); 3) влажность менее 25% (В<25); 4) топливо различной влажности (ВР). Влияние влажности биомассы на эффективность работы котельных установок существенно.

Для получения энергии используются разнообразные топки, предтопочные устройства к существующим котлам, специальные котлы, бойлеры, мини-ТЭЦ и т. д. как отечественного, так и импортного производства [10].

По видам котельного оборудования нами рассматриваются группы вариантов по мощности теплоустановок: 1) до 500 кВт; 2) 500 – 1000 кВт; 3) 1 – 4 МВт; 4) 4 – 6 МВт; 5) 6 – 10 МВт. В каждой группе мощности рассматривалось 6 – 10 вариантов котельного оборудования.

Таким образом, получены варианты производственно-технических решений использования вторичных древесных ресурсов в качестве топлива.

На следующем этапе формируется критерий интегральной оценки эффективности вариантов, и осуществляется расчет системы показателей.

Сегодня критерием экономической эффективности энергетического использования различных видов топлива выступают ***удельные дисконтированные затраты (УДЗ)*** на производство 1 Гкал тепловой

энергии [11]. Часто в качестве обобщающего показателя экономической эффективности выступает ***прибыль*** [12]. Экономическим показателем эффективности энергетического использования вторичных древесных ресурсов могут служить ***чистый дисконтированный доход*** (ЧДД), ***внутренняя норма доходности*** (ВНД), ***индекс доходности*** (ИД) и ***срок окупаемости проекта*** [13].

При этом, как подчеркивает профессор А.П. Петров, экономическая оценка должна осуществляться путем сравнения древесных отходов как топлива с другими видами топлив с учетом экологической и социальной составляющих. Далее экономическая оценка производственных процессов, включающая подсчет затрат, должна дополняться исследованием зависимости этих затрат от неизбежных различий в качестве сырья, его концентрации в условиях и месте первичной переработки. Должна осуществляться экономическая оценка конечного продукта и учитываться влияние на природу [14].

Для этого целесообразно учитывать реальные экономические оценки ущерба в составе экономических показателей на основе расчета величины предотвращенного экономического ущерба и экономии платежей за отрицательное воздействие на природную среду [15].

Часто экологические и социальные результаты представлены натуральными показателями, поэтому дать оценку всем аспектам социального и экологического эффектов весьма сложно. Как правило, эта оценка осуществляется через предотвращенный экономический ущерб, который вычисляется по отдельным природным составляющим [12].

На наш взгляд, ***оценка*** вариантов использования древесных отходов должна осуществляться в соответствии с системным подходом и с учетом ***социальных, экономических и экологических*** эффектов [4, 16, 17, 18].

Результаты от использования древесных отходов в виде топлива можно подразделить на ***первичные, вторичные и сопутствующие*** эффекты [4, 16].

Первичные эффекты возникают на уровне предприятий в виде: *экономического эффекта*, обусловленного экономией производственных затрат, а также связанного с реализацией потребителям древесного топлива или энергии и получением дополнительной прибыли; *эколого-экономического,* обусловленного улучшением качества природы вследствие сокращения объемов отрицательного воздействия на природную среду; *социального эффекта,* который состоит в создании новых рабочих мест.

Вторичные эффекты образуются за пределами предприятий и также должны рассматриваться через призму социальных, экологических и экономических аспектов, то есть системно и интегрально. Выделим некоторые наиболее значимые эффекты:

- *Экологический эффект,* связанный с изменением отрицательного давления на природную окружающую среду. Экономическая оценка данного вида эффекта может быть определена на основе расчета величины предотвращенного экономического ущерба.

- *Экологический эффект*, связанный с улучшением качества природной окружающей среды вследствие создания так называемых «Киотских лесов».

- *Социальный эффект*, который представляет собой экономию бюджетных средств, направляемых на организацию завоза в отдаленные территории традиционных видов углеводородного топлива.

Принципиальная формула ***интегрального социально-эколого-экономического критерия*** оценки эффективного использования биотоплива в энергетике может быть представлена следующим образом:

$$E_{общ} = E_{экон} + E_{экол} + E_{соц},$$

где $E_{экон}$, $E_{экол}$, $E_{соц}$ – соответственно, экономическая, экологическая и социальная составляющие интегральной эффективности.

Экономическим показателем эффективности энергетического использования вторичных древесных ресурсов может служить чистый дисконтированный доход (далее – ЧДД). При расчете ЧДД экологический ущерб, который является отрицательным результатом, следует относить к расходам.

$$\text{ЧДД} = \sum_{1}^{T} \frac{\text{Р}_t - З_t - \text{У}_\text{t}}{(1+r)^t} - \sum_{1}^{T} \frac{K_t}{(1+r)^t},$$

где Т – срок жизни проекта; Р_t – суммарные выгоды по проекту в год t; $З_\text{t}$ – эксплуатационные затраты по проекту в год t; У_t – экологический ущерб по проекту в год t; r – реальная ставка дисконтирования; K_t – инвестиционные затраты по проекту в год t.

Если величина ЧДД с учетом ущерба положительна, то проект можно считать приемлемым, в противном случае проект нецелесообразен с эколого-экономической точки зрения.

Наряду с предотвращенным ущербом, снижение нагрузки на окружающую природную среду сопряжено с сокращением платы за загрязнение воздушного бассейна ($\Delta H_{ат}$) и размещением отходов ($\Delta H_{о}$), которые также необходимо учитывать в составе критерия оценки. Сокращение общей суммы платежей (ΔH)составит:

$$\Delta H = \Delta H_{ат} + \Delta H_{о}$$

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды является комплексной величиной и слагается из ущербов по отдельным видам объектов в загрязненной зоне. По настоящее время его определение представляет собой сложную проблему, поэтому на практике допускается и проводится укрупненный расчет суммарного экономического ущерба (У) от загрязнения отдельных видов природной среды [19], в частности атмосферы ($\text{У}_\text{а}$) и земельных ресурсов ($\text{У}_\text{п}$):

$$У = У_а + У_п$$

Для правильности проводимых расчетов по вариантам необходимо соблюдать основные принципы: одинаковая методика расчетов эксплуатационных затрат; единство технико-экономических характеристик по сравниваемым вариантам; учет влияния фактора времени на величину затрат.

Оценка предстоящих затрат и результатов при определении эффективности энергетического использования вторичных древесных ресурсов осуществляется в пределах расчетного периода, продолжительность которого (горизонт расчета) принимается с учетом средневзвешенного нормативного срока службы основного технологического оборудования.

При расчете эксплуатационных затрат во внимание необходимо принимать затраты на топливо, зарплату, электроэнергию, воду, амортизационные отчисления, текущий ремонт, общекотельные и прочие нужды [20].

Затраты на топливо. Расход средств на покупку топлива определяется исходя из потребности и удельной стоимости топлива. Потребность в топливе устанавливалась из среднего расхода топлива, заявленного производителем топочно-котельного оборудования при номинальной тепловой мощности и средней продолжительности отопительного периода. Так же необходимо учитывать коэффициент, величина которого 1,06, он обусловлен складскими, транспортными и прочими потерями топлива. При определении стоимости топлива учитываются: стоимость топлива при его покупке исходя из средней цены по отрасли; стоимость погрузки и транспортировки топлива от склада до котельной. Затраты на транспортировку сырья зависят от расстояния перевозки и принимаются по видам древесного топлива [21].

Затраты на заработную плату оцениваются исходя из числа штатных работников котельной и средней заработной платы одного работника с учетом налога на фонд зарплаты и резерв отпусков. Число работников котельной зависит от теплопроизводительности котельной, вида сжигаемого топлива, типа котлов и степени механизации и автоматизации работ по эксплуатации котельной. При расчете расходов на заработную плату необходимо учитывать сезонность отопительной нагрузки и намерения по использованию штатного персонала котельной в летний период.

Затраты на используемую воду. Затраты на воду учитываются исходя из существующего укрупненного норматива расхода воды (0,12 $м^3$/ГДж) и среднего тарифа на холодную воду.

Затраты на потребляемую электроэнергию рассчитываются исходя из установленной мощности электродвигателей энергетической установки, числа часов потребления электрической энергии в котельной при полной загрузке и тарифа на электроэнергию, действующего на данный момент времени. Следует отметить, что фактическая величина удельного суммарного потребления электроэнергии электродвигателями всегда меньше расчетной

величины по причине неполной загрузки и нормативного резервирования оборудования, что обеспечивает бо́льший «запас надежности» расчетов.

Затраты на амортизационные отчисления определяются исходя из ставок годового налога на сметную стоимость общестроительных (3,2% от стоимости работ) и монтажных работ с учетом стоимости устанавливаемого оборудования (8,2% от стоимости оборудования и монтажных работ). Стоимость работ определяют на основании сметно-финансовых расчетов.

Затраты на текущий ремонт учитываются укрупнённо в размере 20% – 30% от затрат на амортизационные отчисления [20].

Затраты на общекотельные и прочие нужды рассчитываются укрупнённо в размере 30% от суммы затрат на заработную плату, амортизационные отчисления и текущий ремонт.

При расчете ***капитальных вложений*** необходимо учитывать стоимость устанавливаемого оборудования, а также стоимость общестроительных и монтажных работ на основании данных сметно-финансовых расчетов поставщиков оборудования. Транспортные расходы определяются исходя из укрупненных нормативов затрат на транспортные расходы котельно-энергетического оборудования для Дальневосточного федерального округа в расчете на 1 тонну массы нетто оборудования с учетом фактора времени.

Следует отметить одно обстоятельство, а именно, – при расчетах затрат (эксплуатационных и капитальных вложений) мы не стремимся к учету всей совокупности затрат. Учитываются лишь расходы, изменяющиеся по вариантам, что определяет заниженные значения затрат и их некоторую условность, в сравнении с фактическими значениями затрат для существующих котельных. Это допустимо, ибо при оценке эффективности вариантов нас интересуют не абсолютные значения, а соотношения между вариантами.

Выручка от реализации тепловой энергии определяется исходя из объемов производимого тепла (Гкал) и средней цены реализации тепловой энергии. Объем производимой тепловой энергии по рассматриваемым вариантам определяется исходя из номинальной тепловой мощности энергетических установок, заявленной производителем с учетом средней продолжительности отопительного периода. При этом, средняя цена реализации тепловой энергии определяется с учетом действующих тарифов.

Результаты использования вторичных древесных ресурсов для выработки тепловой энергии следует рассматривать как суммарный эколого-экономический эффект, включающий (помимо экономического результата) природную составляющую – экологический эффект.

Для выбора оптимального решения по энергетическому использованию вторичных древесных ресурсов необходимо производить выбор вариантов через сопоставление результатов с затратами на их достижение.

Литература и источники:

1. Федотов, А. Планета Земля, человечество, экономика / А. Федотов // Экономист. – 1995. – № 11.

2. Суханов, В. С. Основные направления повышения эффективности работы лесопромышленного комплекса на современном этапе развития / В. С. Суханов // Проблемы экономики лесного комплекса России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – М. : МГУЛ, 2004.

3. Ходост, Т. А. Новые возможности финансирования энергетических систем на биомассе, основанные на торговле углеродными квотами / Т. А. Ходост, Р. Томас, Р. Майлз // Дальневосточный международный экономический форум. В 8 т. Т.4. Лесная отрасль Востока России. Проблемы, задачи, перспективы. О необходимых условиях и мерах государственного регулирования эффективного развития рыбной отрасли Востока России : материалы круглых столов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006.

4. Резанов, В. К. Системный подход к анализу эффективности использования древесных отходов в малой энергетике / В. К. Резанов, А. Ю. Грушина // Проблемы комплексного социально-экономического развития Дальнего Востока : материалы Междунар. науч.-практ. конф. : Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2008.

5. Грушина, А. Ю. Отходы лесоперерабатывающих производств как сырье для получения тепловой энергии / А. Ю. Грушина // Экономика, управление, общество: история и современность : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. молодых исследователей, аспирантов и соискателей. Ч. 1. – Хабаровск : Изд-во ДВАГС, 2009.

6. ГОСТ 17462-84. Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения.

7. Загорье, А. М. Вторичные энергосырьевые ресурсы лесоперерабатывающей промышленности / А. М. Загорье, Р. Г. Зах. – М. : Лесная промышленность, 1970.

8. Головков, С. И. Энергетическое использование древесных отходов / С. И. Головков, И. Ф. Коперин, В. И. Найденов. – М. : Лесная промышленность, 1987.

9. Грушина, А. Ю. Основные принципы формирования вариантов производственно-технических решений энергетического использования вторичных древесных ресурсов и методика оценки их экономической эффективности / А. Ю. Грушина // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона : материалы Междунар. науч.-практ. форума. – Хабаровск : Изд–во Тихоокеанского гос. ун-та, 2013.

10. Бегунков, О. И. Использование низкотоварной древесины и отходов лесопромышленного производства / О. И. Бегунков [и др.] : практическое руководство / под ред. В. В. Шкутко. – Хабаровск. : Изд-во Хабаровского гос. техн. ун-та, 2003.

11. Ледницкий, А. В. Эколого-экономическая эффективность использования древесного топлива для выработки тепловой энергии / А. В. Ледницкий : автореф. дис. … канд. экон. наук. – Минск, 2003.

12. Мосягин, В. И. Экономическая эффективность энергетического использования вторичных древесных ресурсов / В. И. Мосягин, Яньчжао Пэй // Лесной журнал. – 2007. – № 5.

13. Головкин, Н. Н. Анализ экономической эффективности строительства мини-ТЭЦ с учетом возможностей Киотского протокола / Н. Н. Головкин // Вопросы управления. – 2010. – № 22 (187).

14. Петров, А. П. Экономика промышленного использования низкосортной древесины и отходов / А. П. Петров. – М. : Лесная промышленность, 1971.

15. Инвестиционная привлекательность лесного комплекса региона: типологическая оценка и дифференцированное управление / под ред. В. К. Резанова. – Владивосток : Дальнаука, 2010.

16. Резанов, В. К. Эффективность использования лесных ресурсов в лесном комплексе Хабаровского края / В. К. Резанов, В. М. Шихалев, А. Ю. Грушина // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 1 (16).

17. Грушина, А. Ю. Критерий оценки эффективности энергетического использования вторичных древесных ресурсов / А. Ю. Грушина // Леса и лесное хозяйство в современных условиях : материалы Всерос. конф. с междунар. участием / отв. ред. А. П. Ковалев. – Хабаровск : Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2011

18. Грушина, А. Ю. Методика эколого-экономической оценки использования вторичных древесных ресурсов для выработки тепловой энергии / А. Ю. Грушина // Современные проблемы устойчивого развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий : материалы Междунар. научн.-практ. конф. В 2 кн. Кн. 2. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2012.

19. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. – М., 1999.

20. Блотнев, Б. Л. Методика расчета годового расхода средств на эксплуатацию котельной деревообрабатывающего предприятия / Б. Л. Блотнев [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2004. – № 5.

21. Самылин, А. А. Проблемы заготовки древесной щепы / А. А. Самылин, Н. М. Цивенкова // ЛеспромИнформ. – 2006. – №2 (33).