

составляет около 2000 кг.

3. Использование коэффициента формы бревна позволяет прогнозировать возможные объемы древесины и коры в процессе подготовки древесного сырья к обработке.

4. Предложенный подход определения объемов коры позволил установить, что средневзвешенный выход коры в плотном объеме по всей группе хлыстов с учетом их распределения по диаметрам составил 20,1 %.

5. Оценка структуры баланса объемов древесного сырья при его подготовке перед обработкой дает основание полагать, что применение рациональных режимов раскря хлыстов и подготовки круглых лесоматериалов к обработке с применением оцилиндровывания способствует концентрации значительного количества отходов (вторичных древесных ресурсов).

Леонов Е.А., Федоренчик А.С. (БГТУ, г. Минск, РБ)
debager13@rambler.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ВМЕСТИМОСТИ СКЛАДА МЕЖСЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА

THE CAPACITY OPTIMIZATION OF A WOOD FUEL INTERSEASONAL STORE

Существующий лесной потенциал Беларуси позволяет осуществить принятые государственные программы: «Целевая программа обеспечения в республике не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года», «Государственная комплексная программа модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006 – 2010 годах» и пр., направленные на повышение эффективности лесной отрасли; более полное вовлечение в оборот неиспользуемых в настоящее время древесных топливных ресурсов; создание развитой инфраструктуры заготовки и транспортировки древесного топливного сырья до непосредственных потребителей, включая мини-ТЭЦ [1].

В Республике Беларусь с каждым годом возрастает количество энергетических установок (мини-ТЭЦ и котельных), работающих на биомассе, в том числе на древесных отходах. Построены Вилейская мини-ТЭЦ (16,0 тыс. т у.т.), Осиповичская мини-ТЭЦ (9,0 тыс. т у.т.), Белорусская ГРЭС (6,0 тыс. т у.т.), Верхнедвинская мини-ТЭЦ (первая пусковая очередь 2,0 тыс. т у.т.), продолжают строиться и другие подобные объекты, работающие на биотопливе. Отечественными предприятиями (СООО «Tiger», ОАО «Амкодор», РУП МТЗ) для обеспечения сырьем создаваемых в республике мини-ТЭЦ было создано ряд специализированных машин: харвестеры, форвардеры, мобильные барабанные рубильные машины, щеповозы, ковшовые погрузчики и другая техника. Созданная отечественная техника позволяет реализовать эффективные технологии,

позволяющие одновременно с заготовкой деловой древесины осуществлять заготовку топливной древесины [2]. Предприятиями Минлесхоза, концерна «Беллесбумпром», Минжилкомхоза разработаны соответствующие отраслевые программы [3].

Для устойчивого обеспечения сырьем построенных либо переоборудованных котельных или мини-ТЭЦ, учитывая неравномерность сжигания топливной древесины и сезонность лесозаготовок необходимо иметь запасы биотоплива. Их организация связана с определенными противоречиями: с одной стороны – обеспечение надежности поставок потребителю, с другой – экономия затрат и капиталовложений на содержание склада и готовой продукции. Поэтому создание слишком больших запасов древесного топлива нецелесообразно в виду того, что увеличиваются складские территории, возникает потребность в дополнительном оборудовании, и т.д. [4].

При производстве топливной щепы в лесном комплексе Республики Беларусь могут применяться ряд технологий, в результате которых древесное топливо может находиться в двух физических состояниях (см. рис.):

– в виде цельных кусков древесины после прохождения через определенный технологический цикл (стволовая дровяная древесина, стандартные пилено-колотые дрова, кусковые отходы лесопиления, деревообработки, лесозаготовок, мелкие нетоварные деревца после рубок ухода и др.);

– измельченная до определенной фракции древесина и древесные вещества (топливная щепа, изрубленная кора, стружки после деревообрабатывающих станков и оцилиндровки бревен, опилки и т.п.).



Рисунок – Виды древесного топлива при хранении:
штабели дровяного долготья (слева) и бурты топливной щепы (справа)

В этой связи научный и практический интерес представляет вопрос о том, в каком виде (каких пропорциях): измельченном или круглом целесообразно складировать и хранить заготовленную топливную древесину. Исследования показывают, что не измельченное древесное топливо в виде круглой стволовой древесины меньше подвергается увлажнению под действием атмосферных осадков и микроорганизмов. Поэтому рубку сырья в топливную щепу желательно производить перед непосредственным ее потреблением.

Имеющиеся на сегодня рекомендации по запасам топливной древесины и вместимости складов не учитывают в полной мере случайного фактора поступления и сезонности сжигания продукции на котельных (мини-ТЭЦ). Проектирование складов древесного топлива часто осуществляются по результатам визуальных наблюдений.

Это, зачастую, приводит к завышению или занижению рекомендуемых запасов. Задача о вместимости склада топливной древесины со случайным объемом поступления (выхода от рубильных установок) и ее последующей отгрузки котельной (мини-ТЭЦ) в условиях сезонности потребления представляет значительный интерес, а ее разрешение позволит оптимизировать складские работы, повысить эффективность утилизации низкокачественной древесины и древесных отходов в топливно-энергетическом балансе Республики Беларусь.

Для решения поставленной задачи проводится аналитическое исследование и имитационное экспериментирование с моделью склада топливной древесины.

Оптимальное значение вместимости склада топливной древесины соответствует минимуму суммы удельных приведенных затрат Z_{Π} [5]:

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{скл}} + Z_{\text{мех}} + \Delta Z_{\text{кач}} + \Delta Z_{\text{см}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{скл}}$ – удельные приведенные затраты непосредственно по складу топливной древесины, тыс. руб;

$Z_{\text{мех}}$ – удельные приведенные затраты по обслуживающим склад машинам и механизмам, тыс. руб;

$\Delta Z_{\text{кач}}$ – дополнительные затраты от потерь (снижения качества) щепы, тыс. руб;

$\Delta Z_{\text{см}}$ – затраты от смежных операций, тыс. руб.

В качестве количественной оценки неравномерности поставок топливной древесины к котельной (мини-ТЭЦ) ввиду сезонности лесозаготовок, а также неравномерной работы котельной в течение года введем коэффициент неравномерности, который показывает как отличается объем операции за конкретный (i) интервал времени по сравнению со среднеинтервальным за весь период. Примем за интервал календарный месяц. Тогда коэффициент неравномерности равен частному от деления фактического (планируемого) объема какой-либо операции в течение месяца на среднеинтервальный объем той же операции за год [6].

$$K(t_i) = \frac{V(t_i)}{V_{\text{ср}}} = \frac{n \cdot V(t_i)}{V_{\text{об}}} = \frac{n \cdot V(t_i)}{\sum_{i=1}^n V(t_i)}, \quad (2)$$

где $V(t_i)$ – фактический объем операций за i -ый интервал, тыс. м³;

$V_{\text{ср}}$ – среднеинтервальный объем операции за весь период работы, тыс. м³;

n – число интервалов, составляющих исследуемый период, $i = \overline{1, n}$.

Этот подход позволит однозначно определить максимальную и минимальную величины коэффициентов неравномерности (объемов операций), а также следить за динамикой изменения $K(t_i)$ значений во времени [6].

Взяв в качестве интервала месяц, получим коэффициент неравномерности фазы, который показывает, как отличается объем работ фазы (заготовки, вывозки, сжигания):

$$K^{\Phi}(t_i) = \frac{12 \cdot V^{\Phi}(t_i)}{V_r}, \quad (3)$$

откуда месячные объемы производства по любой фазе равны:

$$V^{\Phi}(t_i) = \frac{V_r \cdot K^{\Phi}(t_i)}{12}. \quad (4)$$

Состояния основных фаз на конец i -го месяца ($i = \overline{1,12}$) характеризуются месячными объемами $V_{\Pi}(t_i)$, $V_{СЖ}(t_i)$ соответственно, поставки на склад и сжигания древесного топлива.

Состояние склада топливной древесины характеризуется объемом хранимого древесного топлива $Q_{СК}(t_i)$ на 1 число i -го месяца:

$$Q^{СК}(t_i) = \begin{cases} Q_{пер} & i = 1 \\ Q_{пер} + \sum_1^{i-1} [V^{\Pi}(t_i) - V^{СЖ}(t_i)] & i = \overline{2,12} \end{cases}, \quad (5)$$

где $Q_{пер}$ – переходящий остаток древесного топлива, тыс. м³.

Пусть переходящий остаток древесного топлива на складе составляет a % от годового объема потребления древесины, т.е.

$$Q_{пер} = \frac{a \cdot V_{г}}{100} = 0,01 \cdot a \cdot V_{г}, \quad (6)$$

Заменяв месячные объемы производства по любой фазе на соответствующие коэффициенты неравномерности получим:

$$Q^{СК}(t_i) = \begin{cases} \frac{a \cdot V_{г}}{100} & i = 1 \\ V_{г} \left\{ \frac{a}{100} + \frac{1}{12} \cdot \sum_1^{i-1} [K^{\Pi}(t_i) - K^{СЖ}(t_i)] \right\} & i = \overline{2,12} \end{cases} \quad (7)$$

При этом необходимо выполнение ряда условий:

1. На 1 число месяца для нормального функционирования котельной (мини-ТЭЦ) на складе топливной древесины должен быть неснижаемый (страховой) запас – Q_{min} .

$$Q^{СК}(t_i) \geq Q_{min}, \quad (8)$$

2. Учитывая, что сжечь древесного топлива больше, чем поставлено на склад нельзя, то имеет место ограничение:

$$\sum_{i=1}^n V^{\Pi} + 0,01 \cdot a \geq \sum_{i=1}^n V^{СЖ}, \quad (9)$$

после преобразования получим

$$\sum_{i=1}^n K^{\Pi}(t_i) + 0,01 \cdot a \geq \sum_{i=1}^n K^{СЖ}(t_i), \quad (10)$$

Данные о характере неравномерности поставок и сжигания топлива, с учетом изменения его качества в процессе хранения, на основании целевой функции (1) позволят в дальнейшем определить ряд практических рекомендаций по способу хранения древесины и оптимальной вместимости склада, проследить за динамикой изменения запаса и продолжительностью хранения определенных объемов древесного топлива и т.д.

Библиографический список

1. Целевая программа обеспечения в республике не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года. – Минск, 2004.