

Леонов Е.А. канд. техн. наук
Белорусский государственный технологический университет
Клоков Д.В. канд. техн. наук
Белорусский национальный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОЩАДОК ХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ КРУГЛОГОДОВОГО СПРОСА НА ЩЕПУ

В статье приведены исследования потоков древесного топлива в условиях ряда предприятий лесного комплекса Беларуси, которые характеризуются месячными коэффициентами неравномерности поставки (K_i^n) и сжигания (K_i^c) соответственно. Определены параметры законов распределения данных случайных величин. Разработана методика по обоснованию вместимости площадок хранения древесного топлива, которая базируется на применении теории массового обслуживания. Представленная модель рассматривается как система «поставщик (транспортное средство) – склад древесного топлива с ограниченной относительной вместимостью $W_{\text{скл}}$ – потребитель (котельная или мини-ТЭЦ)». Для такой системы входящим потоком является непрерывный поток древесного сырья (топлива), поступающего на склад с интенсивностью K_i^n , а выходящим потоком – непрерывный поток древесного топлива, поступающий на мини-ТЭЦ (котельную) с интенсивностью K_i^c . Разработанная методика позволяет на стадии проектирования прогнозировать оптимальную относительную вместимость площадки древесного топлива, располагаемой в непосредственной близости от энергообъекта (котельной или мини-ТЭЦ).

Введение. Правительством Республики Беларусь приняты ряд государственных программ, которые стимулируют развитие энергетики на местных (возобновляемых) видах топлива (МВТ). В этой связи в стране ежегодно наращиваются объемы производства топливной щепы, в том числе из низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок и деревообработки. По итогам 2016 г. производственные мощности предприятий системы Минлесхоза Республики Беларусь (основных поставщиков древесного топлива на энергообъекты) составили 5785,7 тыс. м³ древесного топлива, в том числе 1745,8 тыс. м³ топливной щепы.

В Беларуси диверсификация производства тепловой и электрической энергии за счет вовлечения в производство местных видов топлива обеспечивается работой более 3000 котельных мощностью от 0,012 до 20 МВт, а также свыше 20 мини-ТЭЦ мощностью от 1,2 до 18 МВт, функционирующих в различных

министерствах и ведомствах.

Производственный опыт работы энергообъектов системы Минэнерго и МинЖКХ различных регионов Беларуси выявил неравномерность между динамикой месячных объемов поставки и потребления древесного сырья. Так заготовка и вывозка древесного топлива наиболее интенсивно производится в зимний и летний периоды, в то время как потребление топлива носит сезонный характер (пик потребления в зимний период и фактический (рис. 1–2) [1,2].



Рис. 1. Динамика неравномерности поставки древесного топлива (на примере нескольких поставщиков)

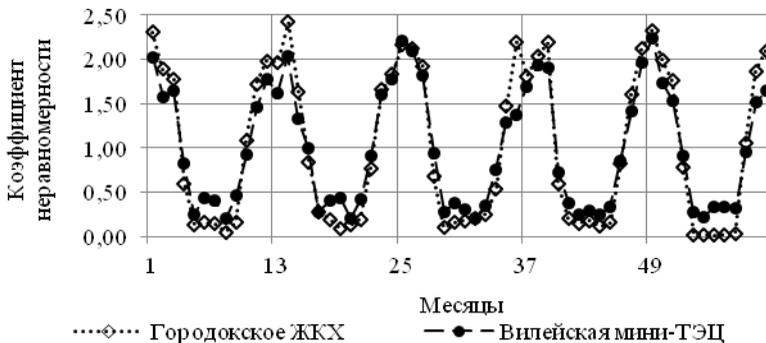


Рис. 2. Динамика неравномерности потребления древесного топлива (на примере нескольких потребителей)

На основании полученных экспериментальных данных потоков

древесного топлива и их статистической обработки установлено:

– среднемесячная интенсивность поставки древесного топлива изменяется в течение года по нормальному закону с параметрами K и σ^2 и для каждого поставщика индивидуальна;

– среднемесячная интенсивность потребления древесного топлива различными котельными и мини-ТЭЦ изменяется в течение года по периодическому закону и в зависимости от сезона года носит достаточно устойчивый характер.

Оценка расхождения между статистическим (эмпирическим) распределением проверялась по критериям согласия. Расхождение эмпирических и теоретических распределений не менее чем в 95% случаев подтвердилось критериями Пирсона и Колмогорова [1,2].

Система поставок древесного топлива должна предусматривать меры, позволяющие устранять (минимизировать) предполагаемые и непредвиденные нарушения процесса поставки. С этой целью заготовленная и вывезенная в летний сезон топливная древесина частично либо полностью укладывается в запас, который используется в период осенне-весенней распутицы, в выходные и праздничные дни и т. д. Обоснование вместимости склада древесного топлива со случайным объемом поступления биомассы и ее последующей отгрузки на котельную или мини-ТЭЦ в условиях сезонности спроса представляет значительный интерес и рассматривалось в [3,4].

Имеющиеся сегодня рекомендации по обоснованию рациональных площадок для хранения топливной древесины не учитывают в полной мере особенности функционирования мини-ТЭЦ, создаваемых в условиях производственной деятельности предприятий деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь (рис. 3).

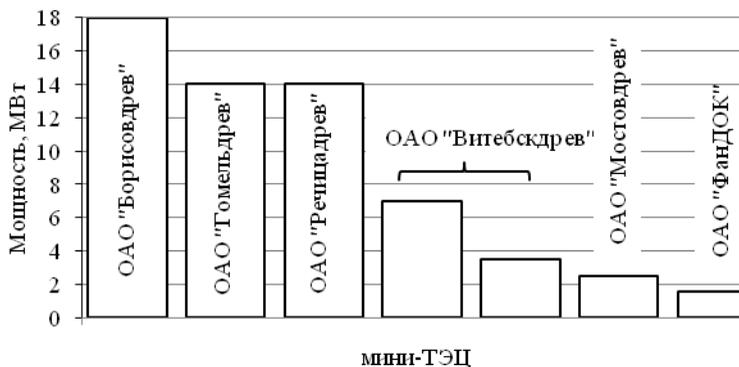


Рис. 3. Крупнейшие мини-ТЭЦ предприятий деревообработки Беларуси

Отличительным аспектом мини-ТЭЦ, входящих в структуру деревообрабатывающих предприятий, является утилизация образующихся в процессе производственной деятельности древесных отходов с целью получения энергии на собственные нужды (сушильное хозяйство, плитное производство и т.д.). При этом, в отличие от мини-ТЭЦ системы Минэнерго, данные энергообъекты характеризуются устойчивым и равномерным в течение года спросом на топливное древесное сырье.

С учетом вышеизложенного методика исследований включала в себя следующие элементы:

– выявление закономерностей функционирования площадки древесного топлива с учетом колебаний месячных объемов поставок топливной древесины на мини-ТЭЦ и отсутствия сезонного характера ее сжигания;

– компьютерное имитационное моделирование устойчивого функционирования площадки древесного топлива.

Обоснование площадок хранения древесного топлива в условиях круглогодичного спроса. На основании полученных и обработанных экспериментальных данных о потоках древесного топлива в условиях круглогодичного спроса на щепу установлено, что среднемесячные интенсивности поставки и потребления древесного топлива изменяются в течение года по нормальному закону с параметрами K и σ^2 . При этом для каждого поставщика и мини-ТЭЦ данные параметры индивидуальны.

В процессе имитационного моделирования площадка для хранения древесного топлива рассматривалась как система «поставщик (транспортное средство) – склад древесной биомассы с ограниченной относительной вместимостью $W_{\text{отн}}$ – мини-ТЭЦ». Для такой системы входящим потоком является непрерывный поток древесного топлива, поступающего на склад с интенсивностью $K_{\text{п}}$ в месяц, а выходящим потоком – непрерывный поток топлива, поступающий на мини-ТЭЦ с интенсивностью $K_{\text{с}}$ в месяц.

Объем древесного топлива на складе ($Z_{\text{скл}}$) меняется случайно во времени в пределах от 0 до вместимости склада $W_{\text{отн}}$:

$$Z_{\text{скл}} = \sum_{i=1}^{\infty} (K_i^{\text{п}} - K_i^{\text{с}}), \quad (1)$$

где $K_i^{\text{п}}$ и $K_i^{\text{с}}$ – коэффициенты неравномерности, соответственно, поставки и сжигания древесного топлива в i -том месяце.

Математическая модель строилась при допущении, что переходы состояний площадки древесного топлива осуществляются в

фиксированные моменты времени мгновенно (система с дискретными состояниями и непрерывным временем).

Основываясь на вышеизложенном, для оценки влияния относительной вместимости площадки древесного топлива на вероятности ее переполнения и отсутствия на ней сырья в течение года (то есть обеспечение устойчивой работы мини-ТЭЦ) авторами разработан соответствующий алгоритм [3–5] и программа расчета в пакете MATHCAD 14, основными этапами которой являются:

- последовательное вычисление разности между случайными значениями коэффициентов неравномерности поставки и потребления топливной древесины, генерируемые в соответствии с установленными законами распределения;

- суммирование полученных данных так, чтобы их сумма не переходила границы площадки древесного топлива (от 0 до $W_{отп}$);

- фиксирование случаев, когда запас древесины был равным этим предельным границам и условно мог их превзойти;

- частное от деления количества таких случаев на общее число реализаций (вероятности отсутствия древесного топлива на площадке или ее переполнения) фиксируется программой и выводится на экран.

Для получения результата с достоверностью 0,99 произведен расчет необходимого числа итераций. Число повторов для каждой рассчитанной точки графика составило 1200, что соответствовало 100 годам функционирования площадки древесного топлива (рис. 4,5).

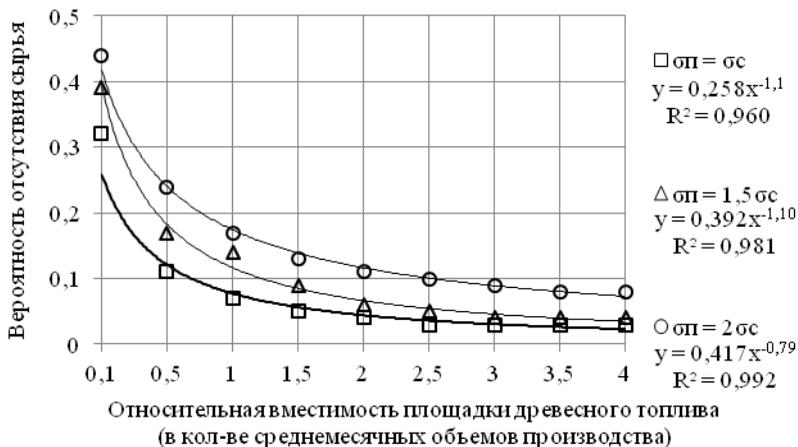


Рис.4. Зависимость вероятности отсутствия сырья на площадке древесного топлива от величины ее относительной вместимости

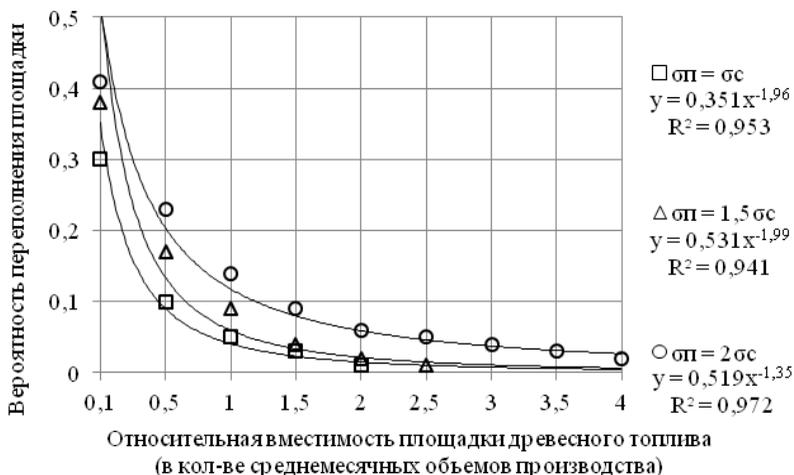


Рис.5. Зависимость вероятности переполнения площадки древесного топлива от величины ее относительной вместимости

Как видно из графиков, вероятности переполнения площадки древесинного топлива $P(Z_{скл} = W_{отн})$ и отсутствия сырья на ней $P(Z_{скл} = 0)$ резко снижаются с ростом ее относительной вместимости до 1,5–2,5-среднемесячного объема производства. Оптимальное значение вместимости склада будет соответствовать минимуму удельных приведенных затрат непосредственно по складу древесного топлива, смежным операциям, от потерь и т. д.

Заключение. С учетом проведенных теоретических исследований, можно сделать ряд выводов:

- неравномерность поставок и потребления древесного топлива на мини-ТЭЦ приводят к снижению загрузки машин и оборудования, потерям рабочего времени и т. д.;

- характер протекания поставки и потребления древесного топлива внутри года индивидуален для каждого предприятия, поэтому требует знания численных параметров фазовых работ конкретных предприятий;

- показателем, совокупно учитывающим влияние основных факторов на величину месячных объемов поставки и потребления древесного топлива, может быть коэффициент неравномерности $K(t_i)$;

– при относительно постоянных условиях функционирования предприятий достоверные данные можно подучить на основании пяти последних лет работы;

– вероятности переполнения площадки древесного топлива и отсутствия сырья на ней резко снижаются с ростом относительной вместимости склада;

– оптимальное значение вместимости площадки древесного топлива соответствует минимуму удельных приведенных затрат непосредственно по складу древесного топлива, смежным операциям, от потерь и т. д.

Библиографический список:

1. Леонов Е.А. Исследование хранения древесного топлива у потребителей // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2009. № 2. С. 89–93.

2. Леонов Е.А. Модель склада древесного топлива // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. № 2. С. 135–139.

3. Леонов Е.А. Устойчивое снабжение энергообъектов древесным топливом с созданием минимально необходимых запасов // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2014. № 2. С. 17–19.

4. Федоренчик А.С., Леонов Е.А. Обеспечение устойчивого снабжения энергообъектов древесным топливом с созданием минимально необходимых запасов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2014. № S2. С. 146–150.

5. Редькин А.К., Якимович С.Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учеб. для вузов. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 504 с.