

производства должно в определенной степени обеспечивать оптимизацию управления технологическими процессами и предприятием в целом, стабилизировать процессы, поддерживать качество изготовления продукции.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 1.25-76 ГСС. «Метрологическое обеспечение. Основные положения». – М. Издательство стандартов, 1986.
2. Сигов А.С., Нефедов В.И. «Метрология, стандартизация и технические измерения». – М.: «Высшая школа», 2008, 624 с.

УДК 630\*

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОЩАДОК ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ МИНИ-ТЭЦ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСПРОМА**

#### **OPTIMIZATION OF MINI-CHP WOOD RAW MATERIALS LANDING OF TIMBER INDUSTRY ENTERPRISES**

**Леонов Е.А.**, канд. техн. наук, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства Белорусского государственного технологического университета

**Клоков Д.В.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля»

**Тумашик И.И.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля» Белорусского национального технического университета, Минск, Республика Беларусь

**Leonov E.A.**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology, Belarusian State Technological University

**Klokov D.V.**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Engineering graphics for machine-building,

**Tumashik I.I.**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Engineering graphics for machine-building, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

**Аннотация:** В статье приведены исследования потоков древесного топлива в условиях ряда предприятий лесного комплекса Республики Беларусь, которые характеризуются месячными коэффициентами неравномерности поставки ( $K_i^p$ ) и сжигания ( $K_i^c$ ) соответственно. Разработана методика по обоснованию вместимости площадок хранения древесного топлива на предприятиях лесной промышленности, которая базируется на применении

теории массового обслуживания и имитационного моделирования. Представленная модель рассматривается как система «поставщик древесного топлива (транспортное средство) – склад древесного топлива с ограниченной относительной вместимостью  $W_{\text{скл}}$  – потребитель древесного топлива (котельная или мини-ТЭЦ)». Для такой системы входящим потоком является непрерывный поток древесного сырья (топлива), поступающего на склад с интенсивностью  $K_i^{\text{п}}$ , а выходящим потоком – непрерывный поток древесного топлива, поступающий на мини-ТЭЦ (котельную) с интенсивностью  $K_i^{\text{с}}$ . Разработанная методика позволяет на стадии проектирования прогнозировать оптимальную относительную вместимость площадки древесного топлива, располагаемой в непосредственной близости от мини-ТЭЦ лесопромышленного предприятия. Предложенные рекомендации позволят снизить себестоимость производства тепловой энергии и обеспечить устойчивую работу энергообъекта.

**Summary:** In article the studies of wood fuel flows in the conditions of some forestry complex enterprises of the Republic of Belarus, which are characterized by monthly unevenness coefficients of supply ( $K_i^{\text{с}}$ ) and incineration ( $K_i^{\text{п}}$ ), respectively. A technique has been developed to justify the storage capacity of wood fuel in forest industry enterprises, which is based on the application of queuing theory and simulation modeling. The presented model is considered as a system "supplier of wood fuel (vehicle) – wood fuel storage with limited relative capacity  $W_{\text{st}}$  storage wood fuel consumer (boiler or mini-CHP)". For such systems, the incoming flow is a continuous stream of wood raw materials (fuel) entering a storage with a  $K_i^{\text{с}}$  intensity, flowing out – a continuous stream of wood fuel entering a mini-CHP (boiler) with a  $K_i^{\text{п}}$  intensity. The developed technique allows to forecast of the optimum relative capacity of the wood fuel storage, located in the permit from the mini-CHP of the timber enterprise. The proposed recommendations make it possible to reduce the cost of production of thermal energy and to ensure the stable operation of the power facility.

**Ключевые слова:** модель, склад, щепа, вероятность, параметры

**Keywords:** model, storage, wood chips, probability, parameters

## **ВВЕДЕНИЕ**

Правительством Республики Беларусь приняты ряд государственных программ, которые стимулируют развитие энергетики на местных (возобновляемых) видах топлива (МВТ). По итогам 2016 г. производственные мощности предприятий системы Минлесхоза Республики Беларусь (основных

поставщиков древесного топлива на энергообъекты) составили 5785,7 тыс. м<sup>3</sup> древесного топлива, в том числе 1745,8 тыс. м<sup>3</sup> 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 [1,2].

## **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Система поставок древесного топлива на энергообъекты (котельные или мини-ТЭЦ) должна предусматривать меры, позволяющие устранять (минимизировать) предполагаемые и непредвиденные нарушения процесса поставки. С этой целью на практике 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 последующим сжиганием на котельной или мини-ТЭЦ в условиях сезонного или круглогодичного спроса представляет значительный интерес.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Математическая модель строилась при допущении, что переходы состояний площадки древесного топлива осуществляются в фиксированные моменты времени мгновенно (система с дискретными состояниями и непрерывным временем).

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, 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  $W_{скл}$ ); 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.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

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 (рисунок 1).

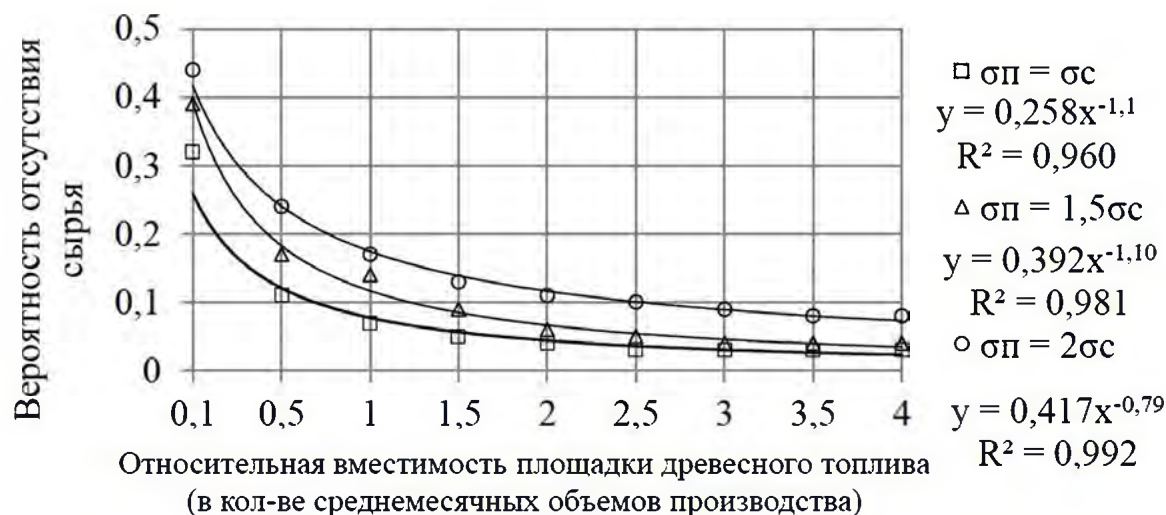


Рисунок 1 – Зависимость вероятности отсутствия сырья на площадке древесного топлива от величины ее относительной вместимости

Как видно из графиков, вероятности переполнения площадки древесинного топлива  $P(Z_{скл} = W_{скл})$  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.

## ВЫВОДЫ

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 получить на

основании пяти последних лет работы; вероятности переполнения площадки древесного топлива и отсутствия сырья на ней резко снижаются с ростом относительной вместимости склада до 1,5–2,5-среднемесячного объема производства; оптимальное значение вместимости площадки древесного топлива соответствует минимуму удельных приведенных затрат непосредственно по складу древесного топлива, смежным операциям, от потерь и т. д.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Древесное топливо – альтернатива традиционным источникам энергии / ПРООН, ГЭФ, Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь. – Минск, 2008. – 186 с.
2. Редькин А.К., Якимович С.Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учеб. для вузов. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 504 с.
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. Федоренчик, А. С. Энергетическое использование древесной биомассы. Практикум: учеб. пособие / А. С. Федоренчик, Д. В. Клоков, Е. А. Леонов. – Минск: БГТУ, 2015. – 211 с.

УДК 625.7/.8

### **ВЛИЯНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА РАЗВИТИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

#### **INFLUENCE OF ROAD SAFETY INTEGRITY ON DEVELOPMENT OF FOREST INDUSTRIAL COMPLEX**

**Макарова Ю.А.**, аспирант ФГБОУ ВО **Makarova J.A.**, postgraduate FGBOU  
«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, РФ **VO «Voronezh state forest engineering University named after G. F. Morozov»  
Voronezh, Russian Federation**

**Аннотация:** В статье описана проблема разрушения автомобильных дорог при воздействии на них различных неблагоприятных условий и способы борьбы