

УДК 62-503.55:674.09

В. В. ЧАМЕЕВ, В. В. ОБВИНЦЕВ

Чамеев Василий Владимирович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесоразработок Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 47 печатных трудов в области имитационного моделирования технологических процессов лесообработывающих цехов.



Обвинцев Валентин Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесоразработок Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 84 печатных труда в области моделирования и оптимизации производственных процессов.

КОМПЛЕКС-ПРОГРАММА ZECH ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА В ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХАХ

Приведены основные математические модели операций технологического процесса лесообработывающего цеха, схема работы с комплекс-программой ZECH, состав решаемых задач и методика технологических расчетов.

The basic mathematical models of woodworking shop process operations, the complex-program ZECH work scheme, the composition of the problems solved and methods of technological calculations have been presented.

Созданная на кафедре механизации лесоразработок комплекс-программа (КП) ZECH (программные средства для ПЭВМ) реализована на базе математических моделей операций технологических процессов (ТП) лесообработывающих цехов (ЛОЦ). Она предназначена для решения задач анализа и синтеза в ЛОЦ лесозаготовительных предприятий. Перечень задач приведен в таблице.

Код	Задача
1.1	Оптимальная область применения существующего цеха по выпуску готовой продукции
1.2	Прогнозирование технико-экономических показателей работы цеха при изменении номенклатуры выпускаемой продукции
1.3	Специализация цехов по готовой продукции на уровне территориально-промышленного объединения или концерна
2.1	Оптимальная область применения существующего цеха по сырью
2.2	Оптимальное распределение групп сырья, имеющегося на складе перед цехом, по видам выпиливаемой готовой продукции
2.3	Выявление целесообразности сортировки и степени дробности сортировки сырья
2.4	Прогнозирование технико-экономических показателей работы цеха с учетом планируемого сортиментного плана предприятия
2.5	Технико-экономическая оценка нижнего уровня размерно-качественных параметров круглых лесоматериалов, пригодных для эффективной работы цеха
2.6	Специализация цехов по сырью (работающих на привозном сырье в пределах исследуемого региона)
3.1	Выбор типового проекта цеха для конкретных условий
3.2	Проектирование технологии цеха для конкретных условий
3.3	Разработка рекомендаций по реконструкции или расширению производства существующего цеха для конкретных условий

Первые две группы (1.1 – 1.3 и 2.1 – 2.6) относятся к задачам анализа, которые возникают в связи с исследованием сложных систем, третья группа (3.1 – 3.3) – к задачам синтеза.

В основу моделей положены результаты статистической обработки наблюдений в ЛОЦ лесозаготовительных предприятий Уральского региона. В их комплекс входят следующие модели: входного потока лесоматериалов; деления лесоматериалов на станках; формирования длительностей циклов для станочного и транспортного оборудования; собственных простоях станков; выходных потоков лесоматериалов.

Модель входного потока состоит из модели подачи сырья в цех по времени и модели сырья. Длительность цикла поступления сырья в цех, как случайная величина, не противоречит экспоненциальному распределению со «сдвигом». Модель сырья представлена математическим описанием размерно-качественных параметров круглых лесоматериалов (диаметр, длина, сбег, породный состав, наличие гнили и сучков, кривизна). Функция плотностей распределений диаметров d круглых лесоматериалов имеет следующий вид:

$$f(d) = \begin{cases} [1 / (\sigma d \sqrt{2\pi})] \exp \left\{ -0,5 [(\ln d - a) / \sigma]^2 \right\}; \\ [1 / (\sigma_d \sqrt{2\pi})] \exp \left\{ -0,5 [(d - \bar{d}) / \sigma_d]^2 \right\}, \end{cases}$$

где σ , a – параметры логарифмически нормального распределения,

$$\sigma^2 = \ln d - 2a; a = \ln \bar{d} - 0,5 \ln (1 + \sigma_d / \bar{d}^2);$$

d – диаметр сырья (случайная величина), см;

\bar{d} – среднее значение случайной величины, см;

σ_d – среднее квадратичное отклонение случайной величины, см.

Вероятность P описания случайной величины d логнормальным законом имеет вид:

а) лесоматериалы группового (Гр) деления (в основном, пиловочник) на лесопильных рамах:

при $\bar{d} < 16,2$ см

$$P_{\log}^{\text{Гр}} = 1;$$

при $16,2 \text{ см} < \bar{d} < 25,0 \text{ см}$

$$P_{\log}^{\text{Гр}} = 0,0117 \bar{d}^2 - 0,6032 \bar{d} + 7,7102;$$

б) лесоматериалы индивидуального (И) деления (в основном, тарный кряж с некоторой долей сырья для технологической переработки) на станках типа ЦДТ и ленточнопильных с кареткой:

при $\bar{d} < 17,7$ см

$$P_{\log}^{\text{И}} = 1;$$

при $17,7 \text{ см} < \bar{d} < 31,0 \text{ см}$

$$P_{\log}^{\text{И}} = 0,0056 \bar{d}^2 - 0,3500 \bar{d} + 5,4346.$$

Вероятность описания величины d нормальным законом:

а) лесоматериалы группового деления:

при $16,2 \text{ см} < \bar{d} \leq 25,0 \text{ см}$

$$P_{\text{нор}}^{\text{Гр}} = 1 - P_{\log}^{\text{Гр}};$$

при $\bar{d} = 25,0$ см

$$P_{\text{нор}}^{\text{Гр}} = 1;$$

б) лесоматериалы индивидуального деления:

при $17,7 \text{ см} < \bar{d} \leq 31,0 \text{ см}$

$$P_{\text{нор}}^{\text{И}} = 1 - P_{\log}^{\text{Гр}};$$

при $\bar{d} > 31,0$ см

$$P_{\text{нор}}^{\text{И}} = 1.$$

Длина круглых лесоматериалов L , поступающих в ЛОЦ, распределяется по нормальному закону. Среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной L описывается уравнением

$$\sigma_l = (0,00026 \bar{L}^2 - 0,1795 \bar{L} + 32,71) \bar{L} / 100,$$

где \bar{L} – среднее значение длины сырья.

Первый параметр сортообразующего порока J представлен в модели случайной величиной X с типом вероятностного распределения

P_x , средним значением \bar{X} , СКО σ_x , вероятностью появления P_n и указанием зависимости P_x , \bar{X} , σ_x , P_n от доминирующих факторов. Математическое описание пороков дано для основных древесных пород.

Модели формирования длительностей циклов t_d для станочного оборудования базируются на следующих известных формулах:

циклопроходные и однопозиционные торцовочные станки

$$t_d = n_p t_{1p};$$

проходные станки с продольным делением лесоматериалов

$$t_d = t_m L + t_{ц.п},$$

где n_p – число резов;

t_{1p} – длительность цикла на один рез, для циклопроходных станков с учетом длины лесоматериалов $t_{1p} = L t_{1p/l}$;

$t_{1p/l}$ – длительность цикла на единицу длины одного реза;

t_m – длительность деления единицы длины лесоматериала;

$t_{ц.п}$ – длительность простоя в каждом цикле.

Модель содержит зависимости статистик случайных величин t_{1p} , $t_{1p/l}$, $t_{ц.п}$ и t_m , тип их вероятностного распределения от параметров лесоматериалов, схемы раскроя для основных пород и наиболее распространенных видов станков.

Приведены функциональные и статистические модели деления лесоматериалов для всех основных станков технологического потока с указанием выхода заготовок и их размеров.

Модели длительности собственных простоев станков t_n и интервалов времени между собственными простоями $t_{м.с}$ являются функциями плотностей экспоненциального (со «сдвигом») распределения:

$$f(t) = \begin{cases} \exp(-\lambda(t-t_0)) & \text{при } t \geq t_0; \\ 0 & \text{при } t < t_0. \end{cases}$$

Здесь t_0 имеет смысл гарантированного времени, означающего, что событие t_n или $t_{м.с}$ не может произойти до момента t_0 .

Предложенные математические модели операций технологического процесса ЛОЦ реализованы на ПЭВМ IBM в КП ZECH, состоящей из трех компонент-программ (SORT, STANOK, POTLIN), базы данных BADAN и пакета вспомогательных программ.

Компонент-программа SORT предназначена для определения статистик размерных параметров основных сортообразующих пороков, сортового состава сырья и выхода готовой продукции. Основные входные данные для решения задачи по этой программе: объем моделирования сырья, толщина и длина сырья (среднее значение, СКО, минимальное и максимальное значения случайной величины, тип вероятностного распределения); породный состав; группа качества сырья (И, Гр; Гр + И), ограничения по сортности сырья в целом и по основным сортообразующим порокам; толщина выпиливаемых заготовок для тарно-

го потока и вид пиломатериалов (обрезные или необрезные) для лесопильного потока.

Выходная информация выдается в виде таблиц, содержащих данные о сортовом составе сырья (в том числе данные о гнили, сучках и кривизне), совокупности пороков в сырье и вероятности встречи пороков; средние значения и СКО степени поражения бревна торцевой гнилью, числа сучков на 1 м длины бревна, диаметра сучков, процента кривизны; объемные показатели выхода готовой продукции.

Для нахождения вида и коэффициентов уравнений $Y = f(x)$ (Y, x – соответственно первые выходной и входной параметры компонент-программы SORT) используют программу APPROKS, разработанную В.В. Побединским.

Компонент-программа STANOK служит для определения длительности циклов основного станочного оборудования. Основные входные данные для решения задачи по этой программе: объем моделирования сырья; толщина и длина сырья (среднее значение, СКО, минимальное и максимальное значения случайных величин. тип вероятностного распределения); породный состав; тип станка и его характеристика; постав; сезон работы; параметры для построения гистограмм.

Выходная информация выдается на печать в виде таблиц, содержащих частоты попаданий значений случайной величины t_d в заданные интервалы, а также ее средние значения и СКО.

Для определения вида теоретического вероятностного распределения, описывающего случайную величину t_d , предназначена программа PIRSON, созданная С.Б. Соколовым.

Выходные данные от компонент-программ SORT и STANOK являются входными параметрами при решении задачи по компонент-программе POTLIN, которая предназначена для получения основных технологических показателей работы ЛОЦ (объем перерабатываемого сырья, число единиц готовой продукции, коэффициенты использования станков).

В структурной схеме для имитационного моделирования (рис. 1) задают один или два подающих транспортера (Тр1, Тр2), 0 – 4 головных станка (ГСН), 0 – 6 станков второго уровня (BCN) и 0 – 12 станков третьего уровня (ТСН).

Станки JCN ($J \in \{Г, В, Т \text{ или } 1, 2, 3\}$) классифицированы:

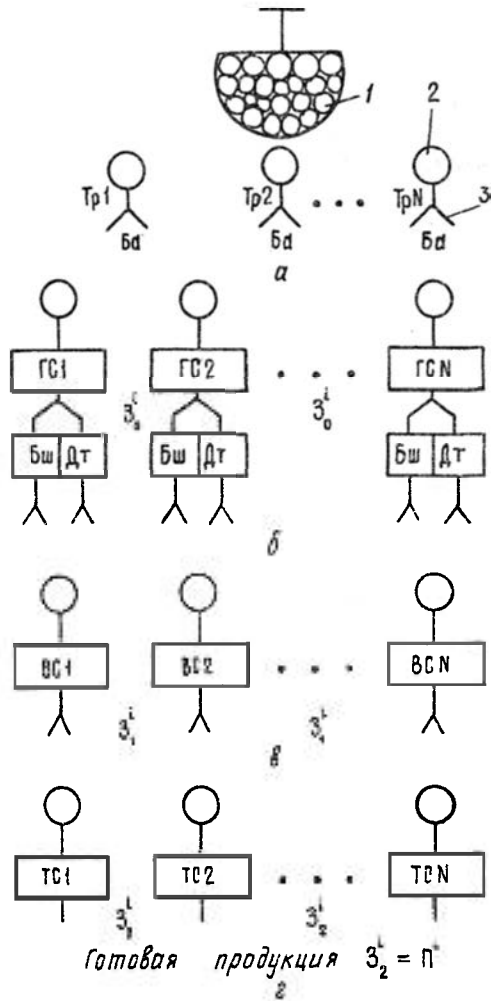
по типу деления круглых лесоматериалов Бд (для индивидуального деления (ИД) типа ЛБ, ЦДТ; для группового деления (ГД) типа лесопильной рамы, ФСБ);

по схеме деления круглых лесоматериалов Бд групповым способом на заголовки (З) (толщина З равна ширине (Бш) и толщине (Дт) готовой продукции);

по числу заготовок в пакете для деления на станках JCN (деление пакетами (ПД), для поштучного деления заготовок (ЩД));

по надежности (JCN 1Т ... JCN 4Т);

Рис.1. Структурная схема моделируемой системы ЛОЦ: *a* – заполнение питателей ТрN пачками бревен; поштучная подача бревен Бд на питатели ГСN; *b* – деление бревен Бд на ГСN на заготовки Z_0^1 (Бш) и Z_0^2 (Дт) по схемам Бш или Дт, или Бш/Дт; *в* – деление заготовок Z_0^1 (Бш) и Z_0^2 (Дт) на ВСN на заготовки Z_1^i ; *г* – деление заготовок Z_1^i на ТСN на готовую продукцию $Z_2^i = \Pi^i$; 1 – пачки бревен; 2 – питатель; 3 – делитель потока (прямоугольником обозначен станок JCN)



по расположению станка JCN к станку предыдущего уровня (левые (Л) и правые (П)).

Моделирующий алгоритм определяет и фиксирует последовательные состояния элементов С1 (ТрN и JCN) заданной структурной схемы технологического процесса через интервалы времени с шагом Δt в диапазоне $0 \dots T_m$ (где T_m – время моделирования).

На печать выводят следующие параметры функционирования ТрN и JCN (в пересчете на одну смену): суммарное время простоев из-за отсутствия заготовок; суммарное время собственных простоев станков; суммарное время простоев из-за переполнения станков последующих уровней деления лесоматериалов; коэффициенты работы станков (технического использования, загрузки, использования); количественные показатели работы ТрN и JCN (объемы заготовок в штуках, посту-

пающих на TrN и JCN и получаемых при делении по заданным схемам).

Кроме того, программа обеспечивает вывод на печать общий объем перерабатываемого цехом сырья в кубометрах. Объем выпиливаемой цехом пилопродукции определяют с помощью компонент-программы SORT.

Результаты моделирования, полученные по компонент-программе POTLIN, в случае необходимости обрабатывают по программам PIRSON и APPROKS.

В комплекс-программе ZECH (рис. 2) прилагаются программы QSB (для оптимизации технологического процесса симплекс-методом) и EKONOMIK (для расчета экономической эффективности работы цеха). Автор последней – А.В. Солдатов.

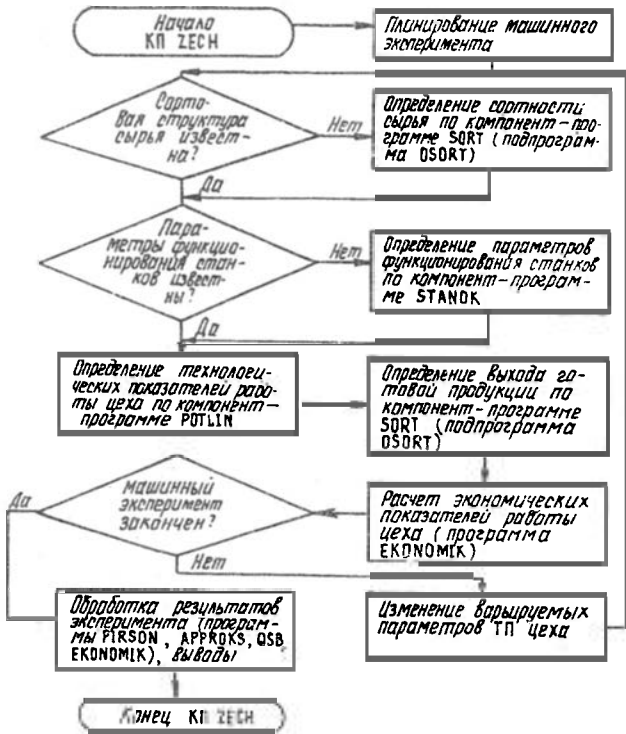


Рис.2. Схема работы комплекс-программы ZECH

Для КП ZECH методически разработаны технологические основы расчета ТП ЛОЦ, которые предусматривают определение сортового состава сырья; обоснование размерных параметров круглых лесоматериалов; выбор головных станков и определение параметров их функционирования; синхронизацию работы станков в технологических потоках. Задачу синхронизации решают поэтапно: синхронизация работы технологических потоков ЛОЦ с «внешней средой» назначением опти-

мальных вместимостей питателей перед цехом и требуемых интенсивностей подачи сырья в цех; синхронизация головных станков с входными потоками лесоматериалов за счет оптимального распределения сырья между технологическими потоками по диаметрам, сортности, породе и оптимальной вместимости питателей перед головными станками; синхронизация головных станков со специализированными потоками за счет оптимальных поставок; синхронизация головных станков со станками второго и третьего уровней деления за счет увеличения вместимости питателей станков последующих уровней или их пропускной способности. Степень синхронизации станков оценивают по коэффициентам их загрузки.

Комплекс-программа постоянно используется для проведения учебного процесса и выполнения хозяйственных тем с лесозаготовительными предприятиями.
