

Сравнивая этот вариант с вариантами табл. 1, заключаем, что он оптимален.

Аналогичные расчеты выполнены для всех изучавшихся в этой работе мебельных предприятий ВПО Севзапмебель. Результаты вычислений и их сравнение с фактическими значениями УЗРТ в 1986 г. приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Предприятие | Фактическое значение УЗРТ в 1986 г. | Оптимальный прогноз УЗРТ на 1990 г. |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ломоносовская МФ | 0,57 | 0,36 |
| Новгородский МК | 0,40 | 0,35 |
| Невельская МФ | 0,38 | 0,34 |
| Фабрика мягкой мебели | 0,37 | 0,32 |
| МК «Ладога» | 0,36 | 0,31 |
| Ленинградский МК № 1 | 0,36 | 0,29 |
| Охотинский ДОК | 0,30 | 0,21 |
| МК «Великие Луки» | 0,29 | 0,19 |
| Боровичская МФ | 0,25 | 0,16 |
| Гатчинский МК | 0,19 | 0,14 |
| Псковский МК | 0,17 | 0,12 |

Интервал достоверности прогнозов зависит от объема исходной информации, используемой для построения моделей. В основе применяемого в данной работе метода прогнозирования лежит процедура перехода в соседние диапазоны. Такой переход связан с изменением набора моделей, т. е. использованием новой статистической информации. Значит, при каждом переходе продлевается интервал достоверности прогноза. Это позволит в дальнейшем использовать предложенный метод для построения долгосрочных прогнозов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анализ удельных затрат ручного труда на мебельных предприятиях ВПО Севзапмебель / Л. Б. Иванов, И. В. Гельман, И. И. Исаева, Т. А. Шагалова // Лесн. журн.— 1987.— № 6.— С. 96—99.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Статистический анализ удельных затрат ручного труда на Гатчинском мебельном комбинате / Л. Б. Иванов, И. В. Гельман, И. И. Журавлева, Т. А. Шагалова // Лесн. журн.— 1986.— № 6.— С. 99—102.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 21 марта 1988 г.

УДК 65.012.2 : 630*375.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫВОЗКИ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ СИСТЕМАХ

А. И. ТРЕГУБОВ

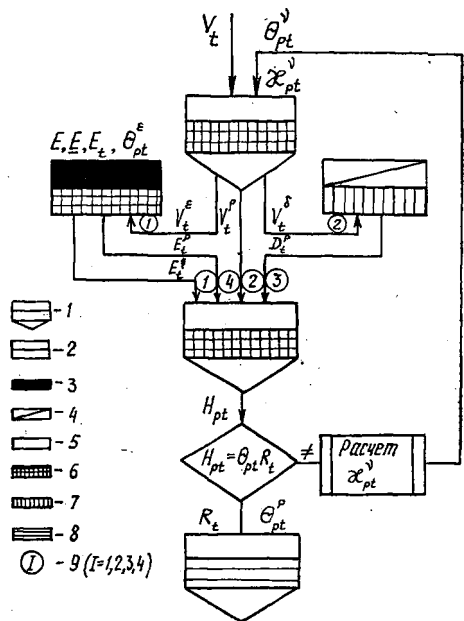
Воронежский лесотехнический институт

Ряд комплексных объединений и предприятий, узкопрофильных комбинатов характеризуется наличием закрепленной потребительской базы, внутренней замкнутостью транспортно-технологических связей, компактным размещением перерабатывающих производств, преобла-

данием прямой автомобильной вывозки леса во двор потребителя, оценкой деятельности по конечной продукции [3]. Подобного рода лесозаготовительно-деревоперерабатывающие системы (ЛДС) по структуре и профилю перерабатывающих производств ориентированы на средний эксплуатационный состав потребительской базы. Из-за ежегодных колебаний породного состава лесосечного фонда и сложности объектов управления в процесс текущего (годового) планирования лесоснабжения ЛДС как в нашей стране, так и ряде зарубежных стран все шире вовлекаются автоматизированные методы [1, 8, 9]. Развитие производств по глубокой химико-механической переработке древесины в некоторой степени снижает требования к размерно-качественным характеристикам древесного сырья. Дальнейшая концентрация и интенсификация лесопромышленного производства требуют сужения интервала планирования поставок сырья и научного подхода к нормированию расхода древесины ценных пород. Однако методы текущего планирования поставок лесоматериалов очень отличаются от оперативно-календарных (квартальных, месячных) методов планирования вывозки тем, что в последнем случае существенными становятся факторы неритмичности технологических потоков лесозаготовок, соизмеримости переходящих запасов на промплощадках с объемами потребления в интервалах планирования и наличия смешанного способа подачи сырья на раскряжевку — из технологических запасов и текущей вывозки. В результате при планировании вывозки леса на промплощадку тождество ресурсы — потребность здесь не только не выполнимо по породным группам, но и по объему, и использование его в качестве основного ограничения при решении, например, задач оптимизации месячных сортиментных программ леспромхозов [4], на наш взгляд, требует особых условий организации производственного процесса.

Поэтому целью работы является исследование влияния сезонности вывозки, наличия технологических запасов на промплощадке на формирование оперативно-календарных планов вывозки леса и разработка соответствующего математического обеспечения для управления

Рис. 1. Эвристическая блок-схема взаимосвязи технологической схемы материальных потоков на лесопромышленном складе и имитационной модели определения объемов вывозки леса по породным группам: 1 — запас; 2 — поток; 3 — оперативный запас тупикового типа ограниченной емкости; 4 — сезонный запас тупикового типа неограниченной емкости; 5 — потоки переменной мощности; 6 — равномерно-распределенная композиция породных групп в объеме; 7 — распределенная по интервалам поступления композиция породных групп с пропорциональной подачей на раскряжевку; 8 — рассортированное древесное сырье по породным группам; 9 — номер приоритета потока



породной структурой* поступающего потока сырья. Схема внешних материальных потоков древесного сырья на лесопромышленном складе показана на рис. 1. Здесь состояние объекта характеризуется: минимальным \underline{E} и максимальным \overline{E} уровнями оперативного запаса и его коэффициентом сменности k ; в каждом t -м интервале планирования — входящим потоком вывозки V_t , который распадается на три составляющие V_t^e , V_t^o , и V_t^p ; объемами оперативного E_t и сезонного D_t запасов** и раскряжевки (переработки) R_t ; породной структурой потоков и запасов, заданной соответствующими коэффициентами содержания p -х породных групп — Θ_{pt}^e , Θ_{pt}^o , Θ_{pt}^s , Θ_{pt}^p . Организация подачи сырья на раскряжевку и приоритеты потоков следующие: в каждом интервале планирования на раскряжевку поступает в обязательном порядке объем E_t^e , обеспечивающий сменность оперативного запаса; затем поток прямой вывозки V_t^p ; недостаток сырья восполняется потоком из сезонного запаса D_t^o и в последнюю очередь из оперативного потоком E_t^o . Пополняются запасы потоками вывозки: оперативный V_t^e , сезонный V_t^o после заполнения емкости первого. На раскряжевку поступает поток H_{pt} , породная структура которого зависит от соотношения слагающих потоков E_t^e , V_t^o , D_t^o и E_t^o , в сумме составляющих R_t .

Исследования проводятся на имитационной модели, при построении которой сделаны такие допущения:

- 1) породная структура древесного сырья в пределах интервала планирования постоянна и изменяется на его границах;
- 2) при смещении потоков вывозки с потоками из технологических запасов образуется однородная породная смесь во всем объеме;
- 3) все объемы древесного сырья приведены к условной единице сырья и между технологическими операциями не изменяются;
- 4) отдельные площадки для хранения древесины и единицы раскряжеочно-сортировочного оборудования агрегированы;
- 5) сезонный запас имеет нелимитированную емкость, оперативный изменяется от минимального уровня до максимального.

Стратегия решения задачи заключается в следующем: в каждом t -м интервале планирования анализируется баланс поступающего и перерабатываемого сырья по всем p породным группам, если отклонение Δ_p при некотором p недопустимо, рассчитываются требуемые коэффициенты породной структуры входящего потока x_{pt}^y , иначе сохраняются исходные значения Θ_{pt}^y . По результатам решения задачи формируется расчетный план вывозки, в котором объемы V_t остаются неизменными, что учитывает неритмичность лесозаготовительного процесса.

Алгоритм математической модели, реализованный в виде блок-схемы, изображен на рис. 2, аналитическое содержание блоков дано ниже в тексте. Анализ и корректировка породной структуры поставляемого сырья проведены в таком порядке: вначале определяют ситуацию — объемы или мощности потоков и запасов (блоки 4—14), затем находят их структуру по общим соотношениям (блоки 15—20).

Исходные данные в постановке задачи определены на множестве интервалов планирования T и породных групп P и характеризуются показателями исходного плана вывозки и производственной программы переработки соответственно

$$\{V_t, \Theta_{pt}^y | t = \overline{1, T}; p = \overline{1, P}\}; \{R_t, \Theta_{pt}^p | t = \overline{1, T}; p = \overline{1, P}\}; \quad (1)$$

* Понимается как совокупность породных групп.

** Использована классификация запасов по работе [2].

Рис. 2. Блок-схема алгоритма определения объемов вывозки леса на лесопромышленный склад по породным группам при неритмичности вывозки относительно раскряжевки (в блоках указаны номера аналитических выражений в соответствии с их описанием в тексте)

состоянием технологических запасов на начало расчетного периода

$$\{\bar{E}, \underline{E}, k, E_t, \theta_{p1}^e | p = \overline{1, P}\};$$

$$\{D_t, \theta_{p1}^s | p = \overline{1, P}\}; \quad (2)$$

допускаемым относительным отклонением поступающего сырья от перерабатываемого

$$\{\Delta_p | p = \overline{1, P}\}. \quad (3)$$

Сменяемый объем оперативного запаса, отвечающий условию хранения, определяют по формуле:

$$E_t^e = 1/kE_t. \quad (4)$$

Алгоритм определения состояния потоков $V_t^p, V_t^e, V_t^s, E_t^p$ и E_t^s строят на основе сравнения объемов поступления и переработки древесного сырья в интервале планирования t .

Ситуация 1 (блоки 5—9). Характерна для пиковых месяцев вывозки, описывается условием

$$E_t^e + V_t \geq R_t, \quad (5)$$

при этом на раскряжевку от прямой вывозки поступает объем

$$V_t^p = R_t - E_t^e \quad (6)$$

и остается для укладки в технологические запасы

$$V_t^w = V_t - V_t^p, \quad (7)$$

оперативный и сезонный запасы на раскряжевку не поступают:

$$E_t^p = 0; \quad D_t^p = 0. \quad (8)$$

Определим свободную емкость оперативного запаса для укладки избыточного объема вывозки

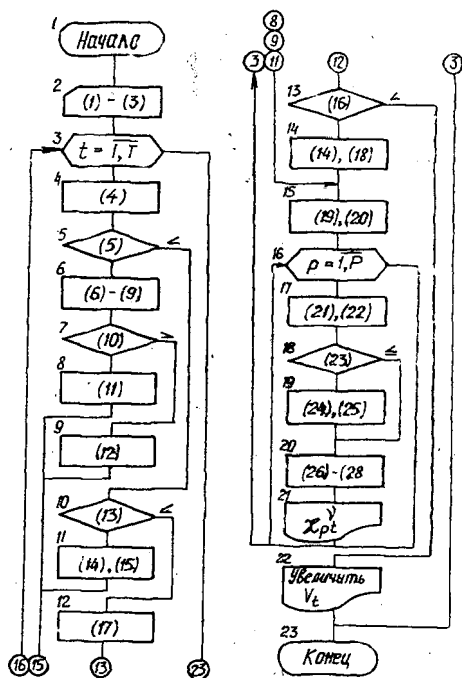
$$E_t^w = \bar{E} - E_t - E_t^e. \quad (9)$$

При этом, если

$$V_t^w \leq E_t^w, \quad (10)$$

то остаток от вывозки полностью укладывается в оперативный запас, что соответствует:

$$V_t^e = V_t^w; \quad V_t^s = 0, \quad (11)$$



иначе остаток поступает и в оперативный, и в сезонный запасы, тогда:

$$V_t^s = V_t^o; \quad V_t^z = 0. \quad (12)$$

Ситуация 2 (блоки 10—12). Характерна для начального периода распутицы, недостаток сырья на раскряжевке восполняется из сезонного запаса, соответствующее условие имеет вид:

$$E_t^s + V_t + D_t^p \geq R_t, \quad (13)$$

состояние потоков вывозки из технологических запасов следующие:

$$V_t^p = V_t; \quad V_t^s = 0; \quad V_t^z = 0; \quad (14)$$

$$E_t^z = 0; \quad D_t^p = R_t - E_t^s - V_t. \quad (15)$$

Ситуация 3 (блоки 13, 14, 22). Возникает обычно в конце периода распутицы, в это время полностью используется сезонный запас и производится выборка из оперативного, описывается условием:

$$E_t^s + V_t + D_t^p + E_t^u \geq R_t, \quad (16)$$

где E_t^u — максимальный варьируемый объем выборки из оперативного запаса, определяемый выражением:

$$E_t^u = E_t - \underline{E} - E_t^s. \quad (17)$$

Потоки вывозки как в ситуации 2, а из запасов соответственно

$$E_t^p = R_t - E_t^s - V_t - D_t; \quad D_t^p = D_t. \quad (18)$$

Дальнейшие вычисления производятся по общим выражениям. Объемы оперативного и сезонного запасов на $t + 1$ интервал планирования определяются итерационными уравнениями вида

$$E_{t+1} = E_t - (E_t^s + E_t^p) + V_t^s; \quad (19)$$

$$D_{t+1} = D_t - D_t^p + V_t^z. \quad (20)$$

Положив

$$x_{pt}^v = \theta_{pt}^v, \quad (21)$$

запишем поступающий поток по составляющим породным группам:

$$H_{pt} = \theta_{pt}^s (E_t^s + E_t^p) + \theta_{pt}^z D_t^p + x_{pt}^v V_t. \quad (22)$$

Если для некоторых p и t

$$|H_{pt} - \theta_{pt}^p R_t| / \theta_{pt}^p R_t > \Delta_p, \quad (23)$$

то приняв $H_{pt} = \theta_{pt}^p R_t$ из соотношений (22), находим расчетные объемы вывозки по породным группам:

$$\widehat{V}_{pt} = \theta_{pt}^p R_t - \theta_{pt}^s (E_t^s + E_t^p) - \theta_{pt}^z D_t^p. \quad (24)$$

Расчетные коэффициенты породной структуры поступающего от вывозки древесного сырья во входном потоке определяем из выражения

$$x_{pt}^v = \widehat{V}_{pt} / V_t. \quad (25)$$

Используя уравнения баланса запасов (19) и (20), находим переходящие запасы на $t + 1$ интервал по каждой породной группе:

$$E_{pt+1} = \Theta_{pt}^{\varepsilon} (E_t - E_t^{\xi} - E_t^{\rho}) + \kappa_{pt}^v V_t^{\varepsilon}; \quad (26)$$

$$D_{pt+1} = \Theta_{pt}^{\delta} (D_t - D_t^{\rho}) + \kappa_{pt}^v V_t^{\delta}. \quad (27)$$

Коэффициенты породной структуры запасов определяем из выражений

$$\Theta_{pt+1}^{\varepsilon} = E_{pt+1} / E_{t+1}; \quad \Theta_{pt+1}^{\delta} = D_{pt+1} / D_{t+1}. \quad (28)$$

В задачах небольшой размерности построенная имитационная модель может быть использована как инженерная методика.

Пример. Для большой ЛДС с условиями организации потоков сырья на лесобирже, как на рис. 1, требуется проверить соответствие плана вывозки плану переработки древесного сырья по каждой породной группе. Структура сырья представлена хвойной ($p=1$) и лиственной ($p=2$) породными группами, проверяемый интервал — начало расчетного периода. Производственные условия характеризуются показателями (единица учета древесного сырья всюду 1 тыс. м³, коэффициенты породной структуры выражены в десятых долях, ввиду однотипности размерность объемов опущена):

$$\{V_1 = 150, \Theta_{11}^{\varepsilon} = \Theta_{21}^{\varepsilon} = 0,5\}; \quad \{R_1 = 250, \Theta_{11}^{\rho} = \Theta_{21}^{\rho} = 0,5\};$$

$$\{E_1 = 60, \Theta_{11}^{\xi} = 0,4, \Theta_{21}^{\xi} = 0,6\}; \quad \{D_1 = 70, \Theta_{11}^{\delta} = 0,3, \Theta_{21}^{\delta} = 0,7\};$$

$$\underline{E} = 20; \quad \bar{E} = 60; \quad k = 4; \quad \Delta_1 = \Delta_2 = 0,1.$$

Последовательность решения.

1. Определяем сменяемый объем

$$E_1^{\xi} = \frac{1}{k} E_t = \frac{1}{4} \cdot 60 = 15.$$

2. Определяем максимальный варьируемый объем выборки

$$E_1^{\rho} = E_1 - \underline{E} - E_1^{\xi} = 60 - 20 - 15 = 25.$$

3. Находим соответствующую ситуацию

$$E_1^{\xi} + V_1 + D_1 + E_1^{\rho} = 15 + 150 + 70 + 25 = 260 > R_1.$$

4. Случай соответствует ситуации 3, состояние потоков следующее:

$$V_1^{\rho} = V_1 = 150; \quad V_1^{\varepsilon} = 0; \quad V_1^{\delta} = 0; \quad D_1^{\rho} = 70;$$

$$E_1^{\rho} = R_1 - E_1^{\xi} - V_1^{\rho} - D_1^{\rho} = 250 - 15 - 150 - 70 = 15.$$

5. Определяем объемы поступления сырья на раскряжевку по группам

$$H_{11} = \Theta_{11}^{\varepsilon} (E_1^{\xi} + E_1^{\rho}) + \Theta_{11}^{\delta} D_1^{\rho} + \Theta_{11}^v V_1^{\rho} = 0,4(15 + 15) + 0,3 \cdot 70 + 0,5 \cdot 150 = 108;$$

$$H_{21} = \Theta_{21}^{\varepsilon} (E_1^{\xi} + E_1^{\rho}) + \Theta_{21}^{\delta} D_1^{\rho} + \Theta_{21}^v V_1^{\rho} = 0,6(15 + 15) + 0,7 \cdot 70 + 0,5 \cdot 150 = 142.$$

6. Проверяем баланс поступления и раскряжевки по группам

$$\frac{|H_{11} - \Theta_{11}^{\rho} R_1|}{\Theta_{11}^{\rho} R_1} = \frac{|108 - 0,5 \cdot 250|}{0,5 \cdot 250} = \frac{|-17|}{125} = 0,136 > \Delta_1;$$

$$\frac{|H_{21} - \Theta_{21}^{\rho} R_1|}{\Theta_{21}^{\rho} R_1} = \frac{|142 - 0,5 \cdot 250|}{0,5 \cdot 250} = \frac{|17|}{125} = 0,136 > \Delta_2.$$

7. Ввиду дисбаланса, находим требуемые объемы вывозки по группам:

$$\widehat{V}_{11} = \Theta_{11}^{\rho} R_1 - \Theta_{11}^{\varepsilon} (E_1^{\xi} + E_1^{\rho}) - \Theta_{11}^{\delta} D_1^{\rho} = 0,5 \cdot 250 - 0,4(15 + 15) - 0,3 \cdot 70 = 92;$$

$$\widehat{V}_{21} = \Theta_{21}^{\rho} R_1 - \Theta_{21}^{\varepsilon} (E_1^{\xi} + E_1^{\rho}) - \Theta_{21}^{\delta} D_1^{\rho} = 0,5 \cdot 250 - 0,6(15 + 15) - 0,7 \cdot 70 = 58.$$

8. Находим расчетные коэффициенты структуры сырья по вывозке

$$\kappa_{11} = \frac{\widehat{V}_{11}}{V_1} = \frac{92}{150} \approx 0,6; \quad \kappa_{21} = \frac{\widehat{V}_{21}}{V_1} = \frac{58}{150} \approx 0,4.$$

Характерно, что устранение дефицита по хвойной группе другими методами без предварительной подсортировки требует увеличения мощностей по вывозке и раскряжке на 34 тыс. м³ или при допустимой выработке оперативного запаса на 26 и 36 тыс. м³ соответственно.

Разработанная имитационная модель позволяет раскрыть механизм образования дефицита и избытка древесного сырья на промплощадке ЛДС. Целесообразна машинная реализация алгоритма, могут быть использованы малые и персональные ЭВМ.

Вопросы управления породной структурой древесного сырья, поступающего из лесосечного фонда, рассмотрены в работах [5, 6, 7].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Автоматизация плановых расчетов по производству и поставке лесоматериалов предприятиям лесопромышленного региона / Г. А. Степаков, Р. С. Шашкина, Ф. В. Пуговкин и др. // Повышение эффективности производства в лесной промышленности и лесном хозяйстве на основе АСУ.—М.: Минлесбумпром, 1986.—С. 93—95. [2]. Алябьев В. И., Зайкин А. Н. Классификация запасов в транспортно-технологическом потоке лесозаготовительного процесса // Автоматизация и комплексная механизация процессов лесопромышленных предприятий: Сб. науч. тр. / МЛТИ.—М.: МЛТИ, 1981.—Вып. 133.—С. 50—54. [3]. Петров А. П., Мещеряков С. А. Совершенствование методов оценки деятельности лесозаготовительно-деревоперерабатывающих объединений (на примере Усть-Илимского ЛПК) // Лесн. журн.—1985.—№ 3.—С. 108—111.—(Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Степаков Г. А. Оптимизация производства круглых лесоматериалов.—М.: Лесн. пром-сть, 1974.—160 с. [5]. Трегубов А. И. Оптимизация вывозки леса при ограничениях по породно-качественному составу // Автоматизация и комплексная механизация процессов лесопромышленных предприятий: Сб. науч. тр. / МЛТИ.—М.: МЛТИ, 1985.—Вып. 172.—С. 66—69. [6]. Трегубов А. И. Организация выборочной вывозки леса для лесопромышленных комплексов // Комплексная механизация лесозаготовок и транспорт леса.—Л.: ЛТА.—1986.—С. 30—34. [7]. Трегубов А. И. Системный анализ технико-экономических показателей выборочной вывозки леса в лесопромышленном комплексе // Экспресс-информ.: Отч. произв. опыт.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986.—С. 25—27.—(Экономика и управление; Вып. 9). [8]. Donald G. Roberts. Timber supply planning models: past and present // Canadian Forest Industries.—1984.—Vol. 104, N 11.—P. 63—65. [9]. Qualifizierung der Rohholztransportimurung durch die Anwendung des Modells der Leerfahrtoptimierung / F. Goltz. (et Al) // Sozialistische Forstwirtschaft.—1985.—N 6.—S. 164—166.

Поступила 13 августа 1987 г.

УДК 630*79 : 630*71

ОПТИМИЗАЦИЯ ВАРИАНТОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК В КОМПЛЕКСНОМ ПРЕДПРИЯТИИ МАЛОЛЕСНОЙ ЗОНЫ

Т. Л. БЕЗРУКОВА

Воронежский лесотехнический институт

Удовлетворение потребностей общества в древесине требует введения в практику лесозаготовок лесоводственно и экономически оправданных методов рубок. Еще в конце прошлого века видные русские ученые-лесоводы дали положительную оценку постепенным и выборочным рубкам. На современном этапе целесообразность сплошных рубок не снижается, а, наоборот, резко усиливается. На необходимость замены сплошных рубок выборочными и длительно-постепенными там, где это возможно, указывают Т. С. Лобовиков [2] и другие ученые.

Для малолесных зон такой путь наиболее приемлем как менее сложный по технологии, требует значительно меньше трудовых и денежных затрат.

Для оценки эффективности лесозаготовок была разработана и научно обоснована система экономических и лесоводственных показателей. В методическом подходе к такой оценке определены два взаимо-