

630^{x3}
H24
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

НАМ Борис Харенович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ
ПРОЦЕССА ШТАБЕЛЕВКИ И ОТГРУЗКИ
ЛЕСОПРОДУКЦИИ НА НИЖНИХ ЛЕСНЫХ
ПРИРЕЛЬСОВЫХ СКЛАДАХ**

05.21.01. «Технология и механизация лесного хозяйства
и лесозаготовок»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1979

Работа выполнена в лаборатории первичной обработки древесины Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор **Воевода Д. К.**

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор **Таубер Б. А.**

кандидат технических наук
Турлай И. В.

Ведущее предприятие — Крестецкий леспромхоз.

Защита состоится «*14*» *февраля* . . . 1979 г.
в «*10*» часов на заседании специализированного совета
К.056.01.01. Белорусского технологического института
им. С. М. Кирова.

Отзывы по автореферату в двух экземплярах с заверенными подписями направлять по адресу: 220630, г. Минск-50, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан «*11*» *января* . . . 1979 г.

Ученый секретарь специализированного совета И. Э. Рихтер.

630 X 3
424

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность темы. Объем перевозок лесопродукции по железным дорогам страны достигает 200 млн. м³ в год. Многообразие влияющих факторов, которые до настоящего времени в полном объеме не изучены, затрудняет планомерную отгрузку такого объема лесопродукции, отгрузка неритмичная, на складах ежегодно накапливаются до 20 млн. м³, имеют место непроизводительные расходы, связанные с сверхнормативным простоем вагонов и недопоставкой продукции. Уместно отметить, что по Минлеспрому СССР эти расходы достигают 4-5 млн. рублей ежегодно. Существующая практика ведения отгрузки по конкретно сложившейся производственной ситуации не в состоянии обеспечить ритмичность отгрузки, снизить сверхнормативный простой вагонов и объемы запасов до нормативных. Достижение ритмичности отгрузки, минимального отклонения от плана перевозки, снижение непроизводительных расходов и запасов лесопродукции возможно при ведении отгрузки по оптимальной оперативной программе (ОП). В данной работе и решается эта проблема. Разработка ОП базируется на глубоком изучении влияющих на отгрузку факторов, решении взаимосвязанных вопросов ритмичности отгрузки, обеспечения выполнения плана перевозки и снижения объемов штабелевки.

Состояние вопроса. Исследования штабелевочно-погрузочного процесса, проведенные профессорами, докторами технических наук Д. К. Воеводой, Б. А. Таубером, В. И. Алябьевым, доцентом А. К. Редькиным, кандидатами технических наук Н. Т. Гончаренко, Д. Л. Дудюком, Ю. В. Лебедевым, В. Г. Рогоулиным и другими позволили механизировать процесс и, пользуясь методами теории массового обслуживания, рассчитать ряд оптимальных параметров. Однако применение этих результатов затруднено изменчивостью влияющих на процесс факторов. Ведение штабелевки и отгрузки лесопродукции по ОП позволяет регламентировать наиболее целесообразные действия в условиях ежедневного изменения реальных производственных ситуаций. Многообразие влияющих факторов и многоцелевой аспект решения вызывает необходимость привлечения математических методов и ЭВМ.

Цель работы. Разработка положений и программного обеспечения для оптимизации по ОП процесса штабелевки и отгрузки лесопродукции. Такая ОП учитывает реальные производственные условия и

5151 с/р

обеспечивает выполнение плана перевозки, ритмичность отгрузки, снижение непроизводительных расходов и объемов штабелвки.

Основные задачи исследования. Из поставленной цели следуют следующие задачи исследования.

1. Разработка метода, позволяющего с минимальной ошибкой прогнозировать поступление лесопродукции и подачу подвижного состава МПС к фронту погрузки.

2. Разработка математической модели штабелевочно-погрузочного процесса, выбор и обоснование критериев и метода расчета оптимальной ОП штабелвки и отгрузки лесопродукции.

3. Разработка методики расчета оптимального запаса лесопродукции и определение ежедневных объемов погрузки и штабелвки лесопродукции на нижних прирельсовых складах.

4. Экспериментальное внедрение разработанной ОП штабелвки и отгрузки лесопродукции и определение экономической эффективности от внедрения.

Научная новизна работы. Выявлены основные факторы и исследовано их влияние на процесс штабелвки и отгрузки лесопродукции, впервые разработана математическая модель штабелевочно-погрузочного процесса. Установлен многокритериальный аспект решения задачи разработки ОП, обоснованы критерии, а для решения предложен новый и традиционный метод. Для гарантии разработки оптимальной ОП доказана сходимость метода. Решена задача распределения потоков штабелвки и отгрузки лесопродукции. Разработана и внедрена методика расчета нормативного запаса лесопродукции на прирельсовых складах. Разработан метод учета неравномерной подачи вагонов и поступления лесопродукции к фронту погрузки.

Место проведения и объект экспериментальных исследований. Экспериментальное внедрение ОП штабелвки и отгрузки лесопродукции было проведено на нижнем складе Крестецкого леспромхоза. Коэффициенты математической модели получены путем статистической обработки данных, полученных на испытательном полигоне леспромхоза. ОП штабелвки и отгрузки лесопродукции разрабатывалось на ЭВМ.

Практическая ценность. В результате исследований получены пропорции погрузки непосредственно из накопителей и штабелей, интенсивность загрузки подъемно-транспортных машин (ПТМ), что

позволяет в реальных производственных условиях планировать рациональное их использование. Определен нормативный запас лесопродукции с учетом неритмичной подачи вагонов и работы нижнего склада, что обосновывает снижение остатков на складах Минлеспрома СССР на 10–15 процентов. Разработана оптимальная ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции для нижнего склада Крестецкого леспромпхоза. Использование этой ОП позволило снизить объемы штабелевки на 10%, резко сократить непроизводительные расходы из-за сверхнормативного простоя вагонов и недопоставки лесопродукции, автоматизировать процесс составления обоснованных декадных заявок на подачу вагонов и выбор наименования и объема отгружаемой лесопродукции.

Реализация работы. Методика разработки ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции рекомендована по результатам экспериментального внедрения для использования на нижних прирельсовых складах, а методика расчета нормативного запаса утверждена Минлеспромом СССР и используется отраслью.

Апробация работы. Результаты настоящих исследований нашли отражение в научных отчетах, обсуждались на секция Ученого Совета ЦНИИМЭ в 1974–1976 гг., на II научной конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов Минлеспрома СССР в 1974 г., Всесоюзной конференции "Применение математических методов и ЭВМ в научных исследованиях в лесной промышленности" в октябре 1976 г., на III Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексная механизация и автоматизация подъемно-транспортных работ в лесной и деревообрабатывающей промышленности" в январе 1978 г., где получили положительную оценку.

Публикация. По материалам диссертации опубликовано шесть работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и шести приложений. Основная часть содержит 137 страниц машинописного текста. Общее количество рисунков – 13, таблиц – 7. Приложения состоят из 43 страниц. Список литературы включает 67 наименований, из них 2 зарубежные.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Исследование факторов, влияющих на процесс штабелевки и отгрузки. Технологический процесс штабелевки и отгрузки лесопро-

дукции на нижних лесных прирельсовых складах подвержен воздействию целого ряда факторов: неритмичная подача вагонов, неравномерное поступление лесопroduкции к фронту погрузки, производительность обслуживающих ПТМ, изменение запасов лесопroduкции, приоритетность отгрузки, директивы вышестоящих организаций и так далее. Неритмичная подача вагонов и оснащенность ими практически мало зависит от лесозаготовительного предприятия, и оно вынуждено адаптироваться к этому. Неравномерное поступление лесопroduкции к фронту погрузки делает необходимым его оценку с целью определения отгружаемого наименования и объема лесопroduкции.

Влияние динамики запасов лесопroduкции на отгрузку сказывается двояко. С одной стороны ежедневная отгрузка не должна превышать суммы остатков и объема ежедневного поступления, с другой стороны при приближении запаса к критическому, определяемому размерами подштабельных мест, этот вид лесопroduкции должен отгружаться безусловно.

Производительность ПТМ рассчитывается на стадии проектирования. При определении объема отгрузки необходимо учитывать, что ПТМ предназначена как для погрузки в вагоны, так и для очистки лесонакопителей. Ведение отгрузки без учета фактической производительности ПТМ может увеличить простои сортировочного транспорта либо сроки погрузки вагонов.

При определении вида и объема отгружаемой лесопroduкции учитывается приоритетность отгрузки. При различных нарушениях режима отгрузки, например дефицит вагонов, в первую очередь отгружается наиболее приоритетный вид лесопroduкции, затем менее приоритетный и так далее. Приоритетность отгрузки зависит от конкретных производственных условий.

Директивы вышестоящих организаций могут быть нескольких видов: директива о срочности отгрузки какого-либо вида лесопroduкции; директива о запрещении отгрузки до определенного времени либо по какой-нибудь дороге, либо каких-то видов лесопroduкции; директива об изменениях в плане перевозок.

Другие виды директив практически сводятся к перечисленным. Влияние директив на процесс отгрузки может оказаться настолько сильным, что появится необходимость коренного изменения объемов и наименования отгружаемой лесопroduкции. Влияние других факторов на процесс отгрузки лесопroduкции менее значительно.

Математическая модель штабелевочно-погрузочного процесса.

Модель строится в виде нестрогих алгебраических неравенств. В математической модели процесса штабелевки и отгрузки лесопроductии нашло отражение влияние каждого из рассмотренных выше факторов, совокупность которых составляет реальные производственные условия. Тогда ограничениями модели являются:

1. Ограничение по фронту погрузки ℓ и неритмичной подаче вагонов. Это ограничение необходимо для того, чтобы объем ежедневной отгрузки не превышал ℓ , и имеет вид

$$0 \leq \sum_{i=1}^n k_{i,c} x_i(t_r) \leq \ell,$$

где n - количество видов отгружаемой лесопроductии; $k_{i,c}$ - компонента вектора, учитывающая статнагрузку на вагон; $x_i(t_r)$ - объем и наименование отгружаемой лесопроductии на t_r .

Однако более жестким ограничением является неравенство, учитывающее неритмичную подачу вагонов, которое имеет вид

$$0 \leq \sum_{i=1}^n k_{i,c} x_i(t_r) \leq [M_j(t_r) + \sigma_j(t_r)] \frac{N}{m},$$

где N - общее количество вагонов для выполнения плана; m - количество суток месяца; j - месяц; $M_j(t_r), \sigma_j(t_r)$ - статданные о неритмичности подачи вагонов.

В силу того, что $M_j(t_r), \sigma_j(t_r)$ получены на основании обработки фактических подач, то

$$\frac{N}{m} [M_j(t_r) + \sigma_j(t_r)] \leq \ell$$

2. Ограничение по объему накопления отгружаемой лесопроductии. В этом ограничении учитывается влияние неравномерного поступления лесопроductии к фронту погрузки и динамики запасов. Ежедневная отгрузка не должна превышать суммы объемов запаса и ежедневного поступления, т.е.

$$x_i(t_r) \leq a_i(t_r) + \beta_i(t_{r-1}),$$

где $a_i(t_r)$ - объем поступления i -го вида лесопроductии в период нахождения вагонов под погрузкой на t_r ; $\beta_i(t_{r-1})$ - объем запаса i -го вида лесопроductии в момент t_{r-1} , (предшествующие сутки).

Объемы запасов лесопроductии определяются на каждый момент t_r по формуле

$$\beta_i(t_r) = \beta_i(t_{r-1}) + a_i(t_r) + \bar{a}_i(t_r) - x_i(t_r),$$

где $\bar{a}_i(t_r)$ - объем поступления i -го вида лесопроductии в период, когда нет вагонов под погрузкой, для момента t_r .

Условие, что запас достигает предельно допустимого объема и

требует безусловной отгрузки, реализуется в ограничении по учету директивных данных.

3. Ограничение по производительности подъемно-транспортных машин. Это ограничение учитывает влияние производительности ПТМ на процесс штабелевки и отгрузки и требует так назначить объем и наименования отгружаемых видов лесопродукции, что ПТМ или их система имеет возможность производить как погрузку в вагоны, так и очистку лесонакопителей. При этом под производительностью (П) понимается фактическая, полученная в результате обработки хронометражных данных. Ограничение имеет вид

$$\kappa_2 \sum_{i=1}^n [\bar{a}_i(t_r) + x_i(t_r)] \leq \Pi,$$

где κ_2 - коэффициент уравнивания размерности.

4. Ограничение по учету директивных данных. В этом ограничении учитываются директивы вышестоящих организаций, поступающие в оперативном порядке, и необходимость отгрузки тех видов лесопродукции, объемы запасов которых близки к предельному. Ограничение имеет вид

$$x_i(t_r) = d_i(t_r)$$

где $d_i(t_r)$ - директивная информация.

Если некоторое $d_i(t_r) = 0$, то соответствующее $x_i(t_r) = d_i(t_r)$ исключается из модели. Если некоторое $d_i(t_r) = Q$, то соответствующее ей ограничение $x_i(t_r) \leq a_i(t_r) + b_i(t_{r-1})$ также исключается из модели. Таким образом, для тех видов лесопродукции, по которым нет директивной информации, действует ограничение по объему накопления, а для остальных - ограничение по учету директивных данных.

С учетом сказанного, математическая модель штабелевочно-погрузочного процесса имеет вид

$$\begin{aligned} x_i(t_r) &\leq a_i(t_r) + b_i(t_{r-1}) \\ 0 &\leq \sum_{i=1}^n \kappa_i x_i(t_r) \leq [M_j(t_r) + \sigma_j(t_r)] \frac{N}{m} \\ x_j(t_r) &= d_j(t_r) \\ \kappa_2 \sum_{i=1}^n [\bar{a}_i(t_r) + x_i(t_r)] &\leq \Pi \end{aligned}$$

Учет приоритетности отгрузки производится путем построения вектора предпочтения $P = \{p_1; p_2; \dots; p_n\}$, где значения p соответствуют приоритетности отгрузки.

Адекватность математической модели процессу штабелевки и отгрузки определяется возможностью физического воспроизведения решения задачи, т.е. полученные по математической модели задания на штабелевку и отгрузку лесопродукции выполнимы. Источником погрешности модели являются его коэффициенты. Адаптация модели производится по фактическим данным перед началом решения задачи. Фактические значения величин коэффициентов модели получаются путем статистической обработки наблюдений за ними, что позволяет последовательно выявлять имеющиеся резервы мощности. При реконструкции и модернизации технологического потока нижнего склада происходит существенное изменение коэффициентов модели, в свою очередь требующее его адаптации.

Разработка оперативной программы отгрузки лесопродукции. Под оперативной программой отгрузки лесопродукции понимаются взаимозависимые задания по отгрузке всех видов лесопродукции по наименованию и объему в течение планируемого периода времени с детализацией по составляющим плановый период временным интервалам (сутки). Оперативная программа отгрузки разрабатывается с учетом ограничений модели, т.е. реальных производственных условий по следующим критериям:

- максимальная ритмичность отгрузки;
- максимальное приближение к месячному плану перевозки;
- максимизация погрузки непосредственно из лесонакопителей.

Анализ возможных методов решения многокритериальных задач показал, что наиболее математически разработанным является метод нормирования критериального пространства. Реализация этого метода позволяет разработать ОП отгрузки лесопродукции в три этапа.

Этап I. Построение по критерию максимальной ритмичности отгрузки вектора " ". Формализация этого критерия достигается эвристическим соотношением

$$\min_{\lambda_i, \lambda_i \in \mathbb{R}} \sum_{t_i} \lambda_i [y_i(t_i) - y_i(t_{i..})]^2 + \lambda [U_i(\tau) - \sum_{t_i} y_i(t_i)]^2,$$

где

$$\lambda_i = \frac{k}{m - t_i} \leq \lambda$$

Здесь Y_i - вектор отгрузки i -го вида лесопродукции; $y_i(t_i)$ - компонента вектора Y_i ; \bar{Y}_i ; \bar{Y}_i - ограничения на вектор Y_i ; $U_i(\tau)$ - план перевозки i -го вида лесопродукции на T ; k, λ - постоянные.

Коэффициент λ носит характер платы за невыполнение плана пе-

ревозки, а λ_t - платы за неритмичность отгрузки,

Этап П. Построение вектора "Z" по критерию максимального приближения к вектору "Y" с учетом ограничений модели

$$\min_{\{z_i(t_r)\}} \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m \left[1 - \frac{z_i(t_r)}{y_i(t_r)} \right]^2,$$

где n - количество видов отгружаемой лесопродукции; $z_i(t_r)$ - компонента вектора "Z".

Этап Ш. Построение вектора отгрузки "X" путем корректировки вектора "Z" по критерию минимизации возникших на этапе П неувязок с учетом ограничений модели

$$\min_{\{x_i(t_r)\}} \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^m \left[1 - \frac{x_i(t_r) + \sum_{s=1}^{r-1} x_i(t_s) + \sum_{s=r+1}^m z_i(t_s)}{U_i(t_r)} \right]^2,$$

где $x_i(t_r)$ - компонента вектора отгрузки X; $\sum_{s=1}^{r-1} x_i(t_s)$ - скорректированный участок вектора X; $\sum_{s=r+1}^m z_i(t_s)$ - нескорректированный участок вектора X.

Задачи, решаемые на П и Ш этапах, могут вызвать затруднения, связанные с проблемой размерности, т.к. для крупного нижнего склада целевая функция и ограничения могут содержать сотни переменных. Для преодоления проблемы размерности в работе предложена эквивалентность декомпозиции задачи. При этом критериями с учетом приоритетности отгрузки на П и Ш этапах будут

$$\min_{\{z_i(t_r)\}} \sum_{r=1}^n p_r \left[1 - \frac{z_i(t_r)}{y_i(t_r)} \right]^2,$$

$$\min_{\{x_i(t_r)\}} \sum_{r=1}^n p_r \left[1 - \frac{x_i(t_r) + \sum_{s=1}^{r-1} x_i(t_s) + \sum_{s=r+1}^m z_i(t_s)}{U_i(t_r)} \right]^2.$$

Задачи П и Ш этапа решаются последовательно, начиная с $T=1$ до $T=m$. Для обеспечения максимального приближения к любому заданному плану перевозки цикл из m задач необходимо повторять конечное число раз до выполнения условия приемлемой точности.

С целью построения программного обеспечения задачи разработки ОП отгрузки в работе доказано существование решения и сходимости процедуры получения многоэтапного решения. Таким образом, разработанная многоэтапная процедура позволяет рассчитать ОП, учитывающую влияние факторов и обеспечивающую оптимальность процесса штабелевки и отгрузки лесопродукции.

Исследование неравномерного поступления лесопродукции к фронту погрузки и ее прогнозирования. Влияние неравномерного поступления лесопродукции в математической модели учитывается в ограничении по накоплению отгружаемой лесопродукции. В исследованиях ряда авторов при анализе неравномерного поступления лесопродукции основное внимание уделялось построению и проверке моделей потоков лесопродукции. Однако при разработке ОП отгрузки по моделям потоков практически невозможно определить еждневное поступление лесопродукции. Поэтому с целью информационного обеспечения задачи разработки ОП отгрузки предложен и программно реализован метод прогнозирования поступления лесопродукции к фронту погрузки. Этот метод основан на использовании полинома Лагранжа оптимальной степени

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n)}{(x_i-x_0)(x_i-x_1)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)}$$

Оптимальная степень полинома Лагранжа выбирается по критерию минимума суммы ошибок прогнозирования

$$\min \left\{ \sum_{i=0}^n \left| \frac{y_i - L_n(x_i)}{y_i} \right| \right\}$$

где y_i - известные значения; $L_n(x)$ - полином Лагранжа; n - мощность последовательности известных значений.

Для разработки ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции осуществляется многошаговое прогнозирование. Для j - шагового прогнозирования из последовательности данных производится выборка $j - 1$ значений, начиная с последнего, и по ней строится прогнозирующий полином Лагранжа оптимальной степени. Если степень полинома k , то оптимальная база прогноза состоит из $k + 1$ последовательных значений в выборке. Тем самым отдаленные значения последовательности не входят в базу и не влияют на прогноз, что повышает достоверность многошагового прогнозирования.

Исследование неритмичной подачи вагонов к фронту погрузки. Неритмичность подачи вагонов ведет к неритмичной отгрузке лесопродукции и большим объемам штабелевки, а следовательно к непроизводительным затратам. Однако сейчас при разработке декадных заявок на подачу вагонов и месячных планов перевозок практически слабо учитывается эта неритмичность. Учет неритмичной подачи возможен на основе фактических наблюдений за подачей, но абсолютная величина количества поданных вагонов еще не характеризует ее. Более точным показателем является относительная величина, вы-

численная с учетом количества вагонов, необходимых для выполнения плана перевозки

$$\xi = \frac{\varrho \cdot m}{N}$$

где ϱ - количество поданных вагонов; m - количество суток, составляющих плановый период; N - потребное количество вагонов для выполнения плана.

Статистическая обработка за различные промежутки времени позволяет вычислить соответствующие среднестатистическую $M(t_r)$ и среднеквадратичное отклонение $\sigma(t_r)$.

С помощью вычисленных значений $M(t_r)$ и $\sigma(t_r)$ в математической модели штабелевочно-погрузочного процесса строится ограничение по учету неритмичной подачи вагонов к фронту погрузки. Для вычисления значений $M(t_r)$ и $\sigma(t_r)$ использовались существующие формы ГУ-1 "Учетная карточка выполнения плана перевозок". Реализованное программное обеспечение задачи разработки ОП штабелевки и отгрузки лесопроизводства дает возможность как автоматически накапливать данные о фактической подаче вагонов, так и вычислять $M(t_r)$ и $\sigma(t_r)$. Использование их при разработке ОП штабелевки и отгрузки предусматривает в ней отгрузку такого количества вагонов, которое находится в соответствии с возможностями (по прошлым подачам) железнодорожной станции по выполнению заявок лесозаготовительного предприятия, т.е. декадные заявки на подачу вагонов разрабатываются в соответствии с реальными производственными условиями.

Решение задачи распределения потоков штабелевки и погрузки. Решение этой задачи необходимо для контроля за выполнением разработанной ОП отгрузки лесопроизводства. Такой контроль наиболее эффективен при диспетчерском управлении, для которого полученные значения потоков штабелевки и погрузки являются оперативными заданиями по ведению штабелевочно-погрузочного процесса. Поэтому в работе дан краткий анализ возможных структурных схем диспетчерского управления.

Задача распределения потоков штабелевки и погрузки в работе сформулирована в виде задачи линейного программирования. Однако, если принять допущения, что при поступлении лесопроизводства в период нахождения вагонов под погрузкой, большего объема отгрузки, вся погрузка ведется непосредственно из лесонакопителя, при меньшем - допозгрузка ведется из штабеля, т.е. если $q_i T_{ik} \geq Q_i^1$, то $Q_{im}^1 = Q_i^1$; если $q_i T_{ik} < Q_i^1$, то $Q_{im}^1 = q_i T_{ik}$.

Тогда решение задачи возможно по эвристическому алгоритму, блок-схема которого приводится на рис. 1. В допущениях обозначено η_i - интенсивность поступления i -го вида лесопродукции; T - сменное время; Q^i - объем отгрузки i -го вида лесопродукции; $Q_{\text{пн}}^i$ - объем отгрузки i -го вида лесопродукции непосредственно из лесонакопителя; k - норматив времени погрузки (в долях к сменному времени).

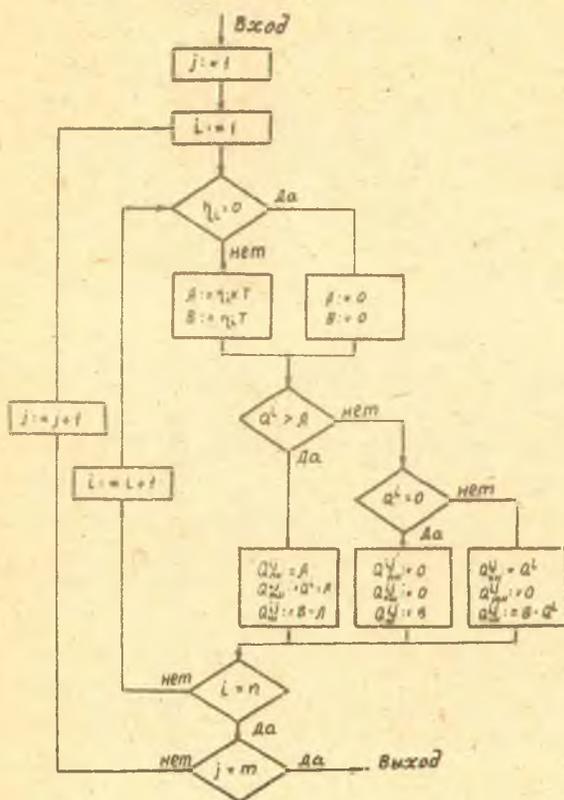


Рис. 1. Блок-схема распределения потоков

Исследование запасов лесопродукции на нижних лесных складах.
 Несмотря на разработку оптимальной ОП штабелевки и отгрузки при любых уровнях запаса лесопродукции, для снижения непроизводительных расходов такую разработку целесообразно проводить при некото-

рых оптимальных его значениях. Наибольшее влияние на величину запаса оказывает подача вагонов и неритмичное поступление лесопродукции к фронту погрузки. Оптимальные в смысле расходов, связанных с хранением древесины и выплатой штрафов, объемы запасов лесопродукции на нижних складах рассчитываются, исходя из следующего:

- запас лесопродукции должен быть не менее объема его поступления за 10 дней работы нижнего склада. Это вызвано тем, что регулирование отгрузки производится с помощью декадных заявок;

- неритмичная подача вагонов и поступления лесопродукции к фронту погрузки по суткам и месяцам вызывает необходимость расчета поправочного коэффициента неравномерности K_H , увеличивающего 10-суточный запас в K_H раз;

- полученный запас не должен противоречить требованиям сохранности древесины;

- расчет запаса лесопродукции должен быть прост и нацелен на использование в условиях леспромпхоза.

С учетом перечисленного, расчет запаса лесопродукции производится по следующей методике.

1. Определение коэффициента неравномерности K_H

$$K_H = \frac{M_j(T) + \sigma_j(T)}{M_j(T)},$$

где $\sigma_j(T)$, $M_j(T)$ - данные о неравномерности подачи вагонов за j -ый месяц.

Величины $M_j(T)$ и $\sigma_j(T)$ берутся из таблицы.

2. Определение объема в кубометрах среднемесячного поступления лесопродукции $q_{\text{ср}}$

$$q_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n},$$

где q_i - поступление лесопродукции за i -ый месяц; n - количество учтенных месяцев.

3. Определение объема в кубометрах 10-ти дневного поступления лесопродукции Q_{10}

$$Q_{10} = \frac{1}{3} q_{\text{ср}}.$$

4. Определение оптимального запаса лесопroduкции $Q_{\text{зап}}$

$$Q_{\text{зап}} = K_{\text{н}} Q_{\text{IO}} .$$

Расчет запаса производится по каждому виду лесопroduкции в отдельности по месяцам, кварталу, году. По полученным объемам возможно определение потребного количества подштабельных мест для каждого вида лесопroduкции, расчет, исходя из этого, протяженность фронта погрузки.

Величину запасов лесопroduкции необходимо периодически корректировать при изменении объемов производства, переработки и сортиментного плана.

В большинстве случаев $K_{\text{н}}$ не превышает 1,5, поэтому объемы запасов лесопroduкции не противоречат требованиям сохранности древесины, ибо согласно ГОСТ 90140-75 "Лесоматериалы круглые. Хранение. Общие требования", срок хранения древесины всех пород и назначений не меньше месяца.

Данная методика расчета запаса лесопroduкции на нижних лесных прирельсовых складах утверждена Минлеспромом СССР и используется отраслью для расчета нормативного запаса.

Экспериментальное внедрение оперативной программы штабелевки и отгрузки лесопroduкции. Экспериментальное внедрение ОП штабелевки и отгрузки лесопroduкции осуществлялось на нижнем складе Крестецкого леспромхоза грузооборотом 320 тыс.м³. Этот выбор определен тем, что нижний склад и испытательный полигон располагают большим статистическим материалом, позволившим наиболее точно определить как коэффициенты математической модели, так и величины, по которым осуществлялся контроль за экспериментальным внедрением.

Программное обеспечение задачи построено для ЭВМ "Минск-32", работающее в режиме диалога в стандартных ситуациях. Блок-схема разработки ОП штабелевки и отгрузки лесопroduкции показана на рис. 2. Расчет вектора "Y" производится по критерию ритмичности отгрузки с учетом директивной информации. Разработка векторов "Z" и "X" производится путем решения задачи квадратичного программирования с линейными ограничениями. В качестве метода решения применен наиболее производительный в вычислительном отношении метод проектируемых градиентов Розена. Программа, реа-

лизирующая этот метод оформлена в виде стандартной.

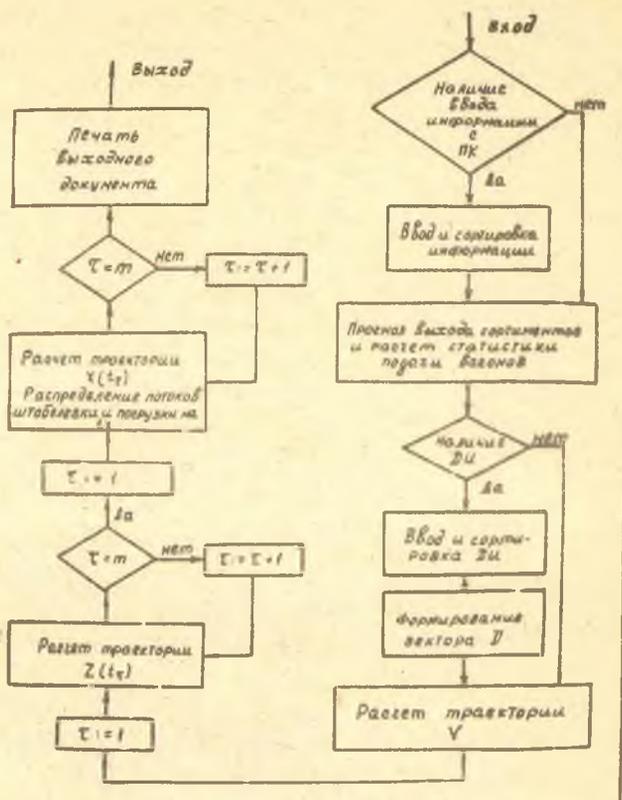


Рис. 2. Блок-схема разработки ОП

В целом по нижнему складу ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции представлена на рис.3. По этой ОП были автоматически составлены декадные заявки и автоматически выбирались ежедневные объемы и наименования отгружаемой лесопродукции. Анализ выходного документа задачи (ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции) позволяет определить ежедневные объемы погрузки непосредственно из лесонакопителей и ежедневный объем перегрузочных операций ПТМ.

По последним данным легко рационально предусмотреть работы ПТМ, не связанные с штабелевкой и погрузкой (хозяйственные и строительные работы, очистка габарита и т.д.). Так как по разработанной ОП отгрузка лесопродукции максимальна в периоды ее максимального поступления в лесонакопители и наоборот, то объем штабелевки по нижнему складу Крестецкого леспромхоза удалось сократить на 10 %.

В случае срыва заданий на отгрузку и штабелевку, предусмотренных в ОП, производится разработка новой ОП на оставшиеся сутки текущего месяца.

По результатам экспериментального внедрения ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции в Крестецком леспромхозе составлен акт.

СТА	КАМЕРНОЕ	МАШИН. АРМОН. КОД	АВТОМАТ. АРМОН. КОД	ВРЕМЯ ТР. В ЧАС	ВРЕМЯ ТР. В Д	СТРАС СКОМ	СТРАС ДИТ	БАЛАНС КОД	БАЛАНС АМ. Т	ПРОД. КОД	ПРОД. АМ. Т	ПРОД. ТОВАР	БАЛ	ФАКТ
1	ШТАБЕЛ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	П. НАКОП.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	П. ШТАБ.	89,6	46,2	44,5	0	44,5	42,5	49,9	100	85,8	97,1	46,6		646,1
	ВАГОНОВ	2	1	1	0	1	1	1	2	2	2	1		14
	ОСТАТОК	653,6	547,1	507,8	4,6	748,5	182,3	234,6	610,4	1570,8	192,1	0		5262,1
30	ШТАБЕЛ.	41,6	11,1	3,4	0	29,5	0	13,9	52,7	6,8	57,4	229,9		479,8
	П. НАКОП.	44,3	14,8	4,5	0	39,4	0	0	70,2	9,1	48,5	140		357,1
	П. ШТАБ.	0	3,3	39,9	0	5,1	42,5	0	29,7	33,7	0	0		146,5
	ВАГОНОВ	1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	3		12
	ОСТАТОК	0	94,3	41,8	10,6	107,9	231,1	33	0	384	1160	195,7		492,1
31	ШТАБЕЛ.	8,5	8,5	8,1	0	50,4	0	11	81	51	381	343		518,7
	П. НАКОП.	6	11,4	10,8	0	40,5	0	0	50	61	50,8	46,6		231,2
	П. ШТАБ.	0	34,7	33,7	0	4	42,5	0	0	78,9	46,2	0		276,3
	ВАГОНОВ	0	1	1	0	1	1	0	1	2	2	1		10
	ОСТАТОК	55	898,1	78,3	10,6	1094,9	186,3	44,4	43	2561	1151,9	1278,7		4998,1
ИТОГО ПЛАН	2000	400	600	0	1000	300	970	2000	1400	1600	3900			
ИТОГО ФАКТ	1488	415,1	623,9	0	1025,7	298	894,2	1950	1416	1602,4	3733			
		32	9	14	0	23	7	18	39	33	33	80		

Рис. 3. ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции Крестецкого леспромхоза на январь 1976 г.

Экономическая эффективность от внедрения ОП штабелевки и отгрузки лесопродукции на нижнем складе Крестецкого леспромхоза. Экономический эффект достигается за счет сокращения производственных затрат на хранение готовой продукции и затрат, связанных с сверхнормативным простоем вагонов и недопоставкой ле-

сопродукции. Годовой экономический эффект для нижнего склада Крестецкого леспромхоза составляет 4,3 тыс. рублей в год, а для предприятий Минлеспрома СССР - 800 тыс. рублей.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика оптимизации по оперативной программе процесса штабелевки и отгрузки лесопроductии на нижних прирельсовых складах на основе:

- математической модели штабелевочно-погрузочного процесса, построенного путем выявления и формализации основных факторов, влияющих на эффективность процесса: структуры и пропорции отгружаемой лесопроductии, приоритетности отгрузки, производительности ПТМ, поступления лесопроductии к фронту погрузки, подачи вагонов, оперативных директив, технологических запасов;

- выборы и обоснование критериев оптимизации, обеспечивающих: максимальную в реальных производственных условиях ритмичную отгрузку, минимальное отклонение от плана перевозки, минимальный объем штабелевки, максимальное снижение непроизводительных расходов, связанных с сверхнормативным простоем вагонов под погрузкой и недопоставкой лесопроductии;

- распределения потоков штабелевки и погрузки в подвижной состав МПС, что позволяет рассчитать соответствующие оперативной программе сменно-суточные задания на штабелевку и погрузку лесопроductии непосредственно из лесонакопителей и штабелей.

2. Для разработки оперативной программы штабелевки и отгрузки лесопроductии впервые в лесозаготовительной отрасли предложен итерационный метод решения многокритериальной задачи.

Доказана сходимость итерационного процесса, что является гарантией получения оперативной программы, учитывающей реальные производственные условия и соответствующей выбранным критериям.

3. Разработанное программное обеспечение для решения задачи оптимизации позволяет автоматизировать и ускорить расчет оперативной программы, накапливать данные, необходимые при адаптации модели к суточным изменениям производственных условий.

4. С целью информационного обеспечения задачи разработки оперативной программы штабелевки и отгрузки лесопроductии предложено

ны и программно реализованы:

- метод расчета и использования показателей, позволяющих по опыту прошлых подач составлять такую заявку на ежедневную подачу вагонов, которая безусловно выполняется железнодорожной станцией;

- метод прогнозирования объемов поступления лесопродукции к фронту погрузки с минимизацией ошибки прогноза.

5. Разработанная и утвержденная Минлеспромом СССР методика расчета оптимального запаса лесопродукции, учитывающая эрмитичность подачи вагонов и работы нижнескладского потока, применяется промышленностью для расчета нормативного запаса лесопродукции на нижних лесных складах.

Определение по методике заявки на подачу вагонов и нормативный запас показывает, что на прирельсовых складах объемы остатков лесопродукции могут быть снижены на 10-15 процентов.

6. На основании проведенных исследований получено уравнение для расчета текущих остатков лесопродукции в штабелях запаса, построены графики интенсивности погрузки непосредственно из лесонакопителей, планово-предупредительного ремонта и загрузки ПТМ с максимальным их использованием.

7. Внедрение предложенных мероприятий по оптимизации процесса штабелевки и отгрузки лесопродукции на примере Крестецкого леспромпхоза дало возможность:

- снизить на 10 % объем штабелевки по нижнему складу;
- достичь ритмичной отгрузки лесопродукции;
- снизить на 1,9 тыс.руб. непроизводительных затрат, связанных с сверхнормативным простоем вагонов и невыполнением плана перевозки;

- автоматизировать процесс составления обоснованных декадных заявок на подачу вагонов;

- автоматизировать процесс выбора наименования и ежедневного объема отгружаемой лесопродукции;

- составлять графики использования и ремонта оборудования узла штабелевки и отгрузки лесопродукции.

8. Экономический эффект от оптимизации по оперативной программе процесса штабелевки и отгрузки лесопродукции на нижнем складе Крестецкого леспромпхоза грузооборотом 320 тыс.м³ в год составил 4,3 тыс.рублей, а при внедрении на предприятиях Минлес-

прома СССР – 800 тыс. рублей в год.

9. Настоящие исследования были направлены на оптимизацию процесса штабелевки и отгрузки лесопроductии. В дальнейшем целесообразно проведение исследований, направленных на оптимизацию по оперативной программе процессов заготовки и производства лесопроductии с целью оптимизации всего технологического процесса лесозаготовок.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах.

1. Математическая модель и алгоритм разработки оперативного плана отгрузки лесоматериалов. Труды ЦНИИМЭ, сб. 133, 1973, с. 140 (соавторы Воевода Д.К., Гончаренко Н.Т.).

2. Оперативное управление штабелевочно-погрузочным процессом на нижнем лесном складе. Труды ЦНИИМЭ, сб. 139, 1974, с. 120.

3. Математическое программирование без применения дорогостоящей техники. "Лесная промышленность", № 1, 1975, с. 28.

4. Прогнозирование выхода готовой проductии на лесном складе. Труды ЦНИИМЭ, сб. 143, 1975, с. 162.

5. Разработка оперативной программы отгрузки лесопроductии на ЭВМ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Применение математических методов и ЭВМ в научных исследованиях в лесной промышленности", Москва, 11–14 октября 1976 г., с. 41.

6. К вопросу оптимизации процесса отгрузки лесопроductии на нижних лесных складах. Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексная механизация и автоматизация подъемно-транспортных работ в лесной и деревообрабатывающей промышленности", Москва, 25–28 января 1978 г., т. I, с. 88.