

УДК 656.4

О ПЛАНИРОВАНИИ СЕТЕВЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПОТОКОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ

С. И. Сушков¹, Л. В. Болотских², Е. А. Корсунова², Ю. Н. Пильник³

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

Филиал Воронежского государственного

технического университета в г. Борисоглебск

ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный

технический университет»

Email: s.i.sushkov@mail.ru

При описании модели следует учитывать, что транспортные средства, используемые в одной и той же последовательности, или работающее в параллельном режиме и различающееся только мощностью, объединяют в технологические потоки.

Для определения параметров технологических средств вычисляют их технико-экономические показатели, производительность единицы транспортного средства, фонд полезного времени работы на плановый период [1].

Математическая модель оптимального оперативного планирования основного производства предприятия может быть описана в виде целевой функции и системы смешанных ограничений, состоящей из уравнений и неравенств. Уравнения показывают, что заказы на готовую лесопroduкцию полностью удовлетворяют спрос потребителей в объеме и ассортименте на каждый час. Неравенства показывают, что полезные фонды времени работы оборудования и объемы производства готовой продукции и полуфабрикатов лимитированы.

Для формулирования математической модели введем следующие обозначения: $X_{j,i-p_j}^k$ – количество лесопroduкции j – вида, выпускаемое оборудованием вида k (в соответствующих единицах измерения) за $(i - p_j)$ ч; i – номер часа с начала отсчета времени (например, с начала суток), p_j – запаздывание (в ч.) производства продукции j – вида (например, производство лесоматериалов за-

паздывает на 20 ч; $X_i^k = \sum_{i=1}^n X_{i,i-p_j}^k$, – количество продукции j – вида, выпускае-

мое оборудованием за весь планируемый период (например, за сутки $n = 24$ ч);

$\alpha_{i,i-p_j}^k$ – время, необходимое k – виду продукции для выпуска единицы про-

дукции вида j в $(i - p_j)$ -й ч. В данном случае предполагается, что $\alpha_{i,i-p_j}^k$ может

меняться по часам суток, например, вследствие возможного ремонта в $(i - p_j)$

период времени; b_{lj} – количество продукции l – вида, требуемое для производ-

ства продукции вида j ; τ^k – последний фонд времени работы k -го оборудова-

ния; $u_{j,i-p_j}$ – количество готовой продукции j -го вида, идущей в запас, или извлекае-

мой из запасов в $i - p_j$ – й час, $u_{j,i-p_j} \geq 0$ – запас готовой продукции j -го вида к началу планируемого периода (к нулевому часу).

Ограничения по лимитам полезного фонда времени работы оборудования, участвующего в производстве готовой продукции, имеют вид

$$\sum_{D=1}^n \alpha_{jv}^k x_{jv}^k \leq \tau^k, \quad x_{jv} \geq 0. \quad (1)$$

Если в технологической цепи «сырье – полуфабрикаты – готовая продукция» некоторые виды готовой продукции в свою очередь являются полуфабрикатами, то количество полуфабрикатов в готовом продукте не может превышать общего объема производимых полуфабрикатов:

$$\sum_{\mu} \beta_{j\mu}^k x_{j\mu}^j \leq \sum_{\nu} \beta_{k\nu}^{j\nu} x_{j\nu}^l, \quad (2)$$

где $\beta_{j\mu}^k$ – количество продукции или полуфабриката k -го вида для производства единицы продукции вида j_{μ} .

Объем лесопроизводства j -го вида производимый за $i - p_j$ ч равен:

$$y_{j,i-p_j} = \sum_{k=1}^m x_{j,i-p_j}^k, \quad (3)$$

где m – количество агрегатов k -го вида.

Если, a_{ij} есть объем заказа готовой лесопроизводства j -го вида к началу i -ч

суток, то условие, при котором заказ будет выполнен, равно:

$$y_{j,i-p_j} + u_{j,i-p_j} \geq a_{i,j}, \quad (4)$$

где $u_{j,i-p_j}$ – запас продукции j -го вида, имеющий запаздывание p_j ч, к началу i -го ч.

Очевидно, что запас продукции или полуфабриката j -го вида, создаваемый за i -й ч составит:

$$u_{j,i-p_j} = y_{j,i-p_{j-1}} - a_{i,j} + u_{j,i-p_{j-1}}. \quad (5)$$

Соотношение (5) показывает, что запас лесопродукции к концу рассматриваемого часа складывается из запасов к началу этого часа и объема производимой за этот час лесопродукции за вычетом объема заказа. Имея ступенчатую функцию спроса по выбранному интервалу планирования и располагая данными по фондам полезного времени работы технологических линий и оборудования, можно построить целевую функцию задачи для выявления ритмичности работы производства.

Решение этой задачи дает возможность установить оптимальный уровень запасов готовой лесопродукции, а поскольку производительность технологической линии и оборудования ограничена, необходимо предусмотреть накопление готовой лесопродукции по всем этапам планирования в целях удовлетворения спроса (заказа).

Таким образом, необходимо минимизировать издержки при отклонениях предложения от спроса, а также издержки, связанные с изменением объема выпуска лесопродукции в единицу времени.

Проблему поиска оптимума можно сформулировать как задачу минимизации запасов готовой лесопродукции L_1 , суммы модулей отклонений плановой производительности оборудования от номинальной или суммы запасов готового продукта (т. е. законченного производства) и суммы модулей отклонений производительности оборудования от номинальной L_2 . В таком случае вместе с перечисленными ограничениями по фондам времени, балансу объемов внутренних полуфабрикатов, балансу объемов запасов и выпуска готовой лесопродукции, имеющих линейную форму, экстремальная задача может быть сформулирована в рамках задачи линейного программирования.

Для производства продукта с нулевым запаздыванием целевая функция,

как сумма величин законченного производства по часам, имеет вид:

$$L_1 = \sum_{k=1}^n u_k = u_0 + \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^k (x_i - a_i) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Если обозначить номинальную производительность агрегата в k -й час через w_k , а через $\eta_k = (w_k - x_k)$ – отклонение плановой производительности агрегата от номинальной, то целевая функция примет вид:

$$L_2 = \sum_{k=1}^n (u_k - |\eta_k|) \rightarrow \min. \quad (7)$$

Если требуется в большей степени обеспечить ритмичность производства или уменьшить запасы готовой лесопродукции, то этого можно достигнуть, введя в целевую функцию соответствующие штрафные коэффициенты:

$$L_3 = \sum_{k=1}^n (\lambda_k u_k - \chi_k |\eta_k|) \rightarrow \min, \quad (8)$$

где λ_k и χ_k – штрафные коэффициенты.

Вместо задачи минимизации суммы модулей отклонений иногда рассматривают задачу на минимум квадратичной суммы этих же отклонений, сводя ее, таким образом, к задаче квадратичного программирования [6].

Задачу оптимального планирования работы основного производства можно трактовать не только как задачу минимизации издержек, связанных с перепроизводством или недопроизводством лесопродукции, но и как задачу минимизации издержек, связанных с изменением объема выпуска лесопродукции в единицу времени при известных колебаниях спроса во времени [2].

Обозначая через y_i скорость изменения производства за i -й час, очевидно, будем иметь $y_i = x_{i+1} - x_i$, если в качестве характерного отрезка времени принят 1 ч.

На изменение объема выпуска лесопродукции в единицу времени могут быть наложены следующие ограничения: $|y_i| \leq d_i$.

Тогда, ограничения задачи, наложенные на объемы производства x_i по часам, сохраняются, целевая функция имеет вид:

$$L_4 = \sum_{i=1}^k (\lambda_i u_i + \chi_i |\eta_i|) + \sum_{i=1}^{k-1} \mu_i |y_i| \rightarrow \min, \quad (9)$$

где μ_i и χ_i – коэффициенты затрат, связанные с издержками при изменении режима работы технологической линии; λ_i – коэффициент затрат, связанный с накоплением продукции по этапам планирования.

Задачу планирования объема выпуска лесопродукции можно формулировать иначе, если имеющиеся запасы сырья и фонды полезного рабочего времени оборудования используются таким образом, чтобы обеспечить минимальное отклонение количества выпускаемого продукта от заявок отдела сбыта. В этом случае задача может быть сформулирована в следующем виде.

Пусть: a_j – объем заказа на лесопродукцию j -го вида; b_i – запасы сырья i -го вида; $a_{i,j}$ – количество сырья i -го вида, используемого для производства единицы j -го вида лесопродукции; $\alpha_{i\vartheta}$ – время, необходимое оборудованию для выпуска единицы лесопродукции; τ_{ϑ} – фонд времени оборудования ϑ – вида; x_d – количество производимого продукта j -го вида.

Тогда ограничения задачи запишем в виде:

$$\begin{aligned} a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n &\leq b_i, & i = \overline{1, m}, \\ \sum_d \alpha_{j\vartheta} x_j &\leq \tau_{\vartheta}, & x_j \geq 0, & j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (10)$$

Целевую функцию примем следующего вида:

$$L_5 = \sum_{j=1}^n k_j |x_j - a_j| \rightarrow \min, \quad (11)$$

где k_j – штрафные коэффициенты, которые зависят от степени приближения рассчитываемых объемов лесопродукции к заказанным (определяются экспертным путем).

С задачей планирования деятельности основного производства предприятия тесно связана задача планирования ассортимента выпускаемой лесопродукции. Эта задача актуальна, когда некоторых видов сырья недостаточно, а также в тех случаях, когда по каким-либо причинам потребитель изменяет заказы на

ребителю, р./м³; x_{ij} – количество доставляемых лесоматериалов i -го заготовителя к j -му заказчику, м³; n – число потребителей лесоматериалов; m – число поставщиков лесоматериалов; a_i – объем поставки от i -го поставщика, м³; b_j – объем потребления j -го потребителя, м³; [5]

В качестве коэффициентов c_{ij} принимают значения тарифов на перевозку лесоматериалов транспортом.

Вывод: для того чтобы решить транспортную задачу по сырью в постановке (13, 14), необходимо решить также последовательно две самостоятельные задачи, описываемые соответствующими математическими моделями.

Библиографический список

1 Сушков, С. И. Методы оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог для транспортировки лесоматериалов [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова, В. Н. Бухтояров // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 6. – С. 30-32.

2 Сушков, С. И. Принципы тарифного регулирования в транспортно-технологических системах на основе логистики [Текст] / С. И. Сушков // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 8. – С. 15-19.

3 Пильник, Ю. Н. Методика определения оптимальной структуры парка транспортно-технологических машин [Текст] / Ю. Н. Пильник, С. И. Сушков, А. Ю. Арутюнян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 ; URL:<http://www.science-education.ru/129-22674>.

4 Сушков, С. И. Принципы решения задач управления в многоуровневых транспортно-производственных системах лесного комплекса [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова, Ю. Н. Пильник // "Фундаментальные исследования" № 11 (часть 2) 2015. – С. 317-321.

5 Сушков, С. И. Методы оценки прочности дорожных конструкций [Текст] / С. И. Сушков, В. Н. Бухтояров // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 2. – С. 53-56.

6 Афоничев, Д. Н. Оптимизация размещения внутриплощадочных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий [Текст] / Д. Н. Афоничев // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение : Межвуз. сб. научн. тр. / Воронежская государственная лесотехническая академия. – Воронеж, 2007. – Вып. 3. – С. 36-42.