

работке не окоренных лесоматериалов. Данные нормативы могут быть использованы при оценке круглых лесоматериалов, поставляемых на экспорт для исключения объема коры в партии лесоматериалов.

### Библиографический список

1. ГОСТ 9462–88. Лесоматериалы круглые лиственных пород [Текст] : Технические условия. – М. : Госстандарт, 1988. – 12 с.

2. ГОСТ Р 52117–2003. Лесоматериалы круглые. Методы измерений [Текст]. – М. : Госкомстандарт, 2003. – 15 с.

3. Никифорчин, И. В. Таксация леса [Текст] : учебное пособие / И. В. Никифорчин, Л. С. Ветров, С. В. Вавилов. – СПб. : СПбГПУ, 2011. – 242 с.

4. Нахабцев, И. А. Таксация древесной коры [Текст]. – Л. : РИО ЛТА, 1990. – 34 с.

5. ГОСТ 2708–75. Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов [Текст]. – М. : Госстандарт, 1988. – 33 с.

DOI: 10.12737/4515

УДК 630\*377

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ СТРУКТУРЫ И ОБЪЕМОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

заведующий кафедрой промышленного транспорта, строительства и геодезии,

доктор технических наук, профессор **С. И. Сушков**<sup>1</sup>

заведующий кафедрой технологии и машин лесозаготовок, доктор технических наук,

профессор **О. Н. Бурмистрова**<sup>2</sup>

старший преподаватель кафедры геодезия и земельный кадастр **Ю. Н. Пильник**<sup>2</sup>

1 – ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

2 – ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»

[S.I.Sushkov@mail.ru](mailto:S.I.Sushkov@mail.ru), [olga.burm@mail.ru](mailto:olga.burm@mail.ru), [ypilnik@mail.ru](mailto:ypilnik@mail.ru)

Обоснование оптимальных вариантов комплексного использования древесных ресурсов региона является одной из стержневых задач.

Распределение ресурсов древесного сырья по сложившимся потребителям и возможным вновь организуемым перерабатывающим производствам должно удовлетворять следующим условиям:

1. предприятия снабжаются такими видами древесного сырья, которые опре-

деляют наилучшее соотношение компонентов представленного ниже критерия оптимальности;

2. обеспечивается наивысше возможный уровень коэффициента использования производственных мощностей на действующих и вновь организуемых предприятиях;

3. должна быть обеспечена минимизация затрат на доставку сырья от поставщиков к потребителям;

4. вновь организуемые предприятия, утилизирующие ранее неиспользуемые виды сырья, должны размещаться в наиболее выгодных, с точки зрения отмеченных условий, местах.

Критерием оптимизации является сумма прибыли на всю массу древесного сырья, используемого в регионе.

Сумма прибыли по отдельному производству определяется по следующей формуле

$$P_{jk} = \Pi_{jk} (Z_k^{np} - C_{jk}^o) - \sum_{di} X_{idjk} (C_\alpha^c + t_{ij}), \quad (1)$$

где  $P_{jk}$  – прибыль  $k$ -го вида производства, расположенного в  $j$  – м пункте региона;

$T_{jk}$  – объем товарной продукции этого производства;

$Z_k^{np}$  – цена единицы товарной продукции  $k$ -го вида производства;

$C_{jk}^o$  – затраты на обработку на единицу продукции;

$X_{idjk}$  – объем сырья  $d$  – го вида, поступающего в переработку в  $k$  – е производство в  $j$  – м пункте от  $i$  – го заготовителя;

$C_\alpha^c$  – цена франко-пункта отправления единицы  $d$  – го вида сырья;  $t_{ij}$  – тариф на перевозку единицы сырья [1].

Выражение  $\sum_{di} X_{idjk} (C_\alpha^c + t_{ij})$  представляет собой стоимость сырья, поступающего в переработку.

Качественный состав сырья влияет на данный критерий не только через цены на сырье  $C_\alpha^c$ , но и посредством нормы выхода готовой продукции из сырья  $d$  – го вида. Это отражается следующей зависимостью

$$\Pi_{jk} = \sum_{id} X_{idjk} \rho_{dk}, \quad (2)$$

где  $\rho_{dk}$  – норма выхода готовой продукции из сырья вида в  $k$  – м производстве.

Оптимизация на основе принятого критерия позволяет учесть основные компоненты, формирующие себестоимость продукции.

Критерий оптимизации для действующих производств региона будет иметь вид

$$P_1 = \sum_{jk} P_{jk}. \quad (3)$$

Для вновь организуемых производств, утилизирующих неиспользуемые виды древесного сырья

$$P_2 = \sum_{mkn} \eta_{mkn} P_{mkn}, \quad (4)$$

где  $\eta_{mkn}$  – целое число, принимающее значение 1, если в оптимизационных расчётах будет установлено, что  $n$  – ю типовую мощность  $k$  – го вида производства целесообразно разместить в пункте  $m$ , и 0 – в противном случае.

В итоге общий критерий оптимизации в указанных условиях примет вид

$$P = P_1 + P_2 = \sum_{jk} P_{jk} + \sum_{mkn} \eta_{mkn} P_{mkn}. \quad (5)$$

Возможности обеспечения действующих и вновь организуемых мощностей древесным сырьем за счет ресурсов региона обуславливается их наличием и доступностью.

Общие древесные ресурсы каждого арендатора лесных участков включают в себя используемое древесное сырье и резервы, освоение которых до настоящего момента признавалось нецелесообразным. Наличие данных по освоенной и неосвоен-

ной частям лесосырьевых участков позволяет математически формализовать распределение древесного сырья. Для этого обозначим объем  $d$  – го вида древесины из освоенной части лесного фонда  $i$  – го предприятия через  $X_{1id}$ , а неосвоенной – через  $X_{2id}$ . При этом запасы по обеим частям известны и равны соответственно  $R_{1id}$  и  $R_{2id}$ . Тот факт, что освоенная часть лесосырьевых ресурсов должна использоваться полностью, формализуется выражением  $X_{1id} = R_{1id}$ . Возможность использования резервов полностью или частично записывается как  $X_{2id} \leq R_{2id}$ . Тогда общий объем лесозаготовок по  $i$  – му предприятию можно будет представить как

$$X_{id} = X_{1id} + X_{2id}. \quad (6)$$

В принципе, сырье  $d$  – го вида из  $i$  – го источника может быть распределено по всем действующим и вновь организуемым деревообрабатывающим производствам региона

$$X_{id} = \sum_j \sum_k X_{idjk} + \sum_m \sum_k \sum_\eta X_{idmk\eta}, \quad (7)$$

где  $X_{idmk\eta}$  – объем  $d$  – го вида сырья, поступающего из  $i$  – го пункта лесозаготовок на  $\eta$  – ю типовую мощность  $k$  – го вида производства, расположенную в пункте  $m$ .

Каждое из действующих деревообрабатывающих производств при максимальной загрузке способно переработать не более определенного количества древесного сырья. В то же время существует некоторый нижний предел загрузки мощности. Тот факт, что объем древесного сырья, поступающего в переработку, не должен превышать мощности производства и быть

меньше установленного уровня отражается выражением

$$A_{jk}^H = \sum_i \sum_d X_{idjk} \leq A_{jk}^b, \quad (8)$$

где  $A_{jk}^b$  и  $A_{jk}^H$  – соответственно, верхняя и нижняя границы объемов переработки древесного сырья на  $k$  – м виде производства, расположенного в  $j$  – м виде территориальном пункте.

Аналогичная зависимость для вновь организуемых производств:

$$\eta_{mkn} A_{kn}^H \leq \sum_i \sum_d X_{iamkn} \leq \eta_{mkn} A_{kn}^b. \quad (9)$$

Ещё одним неиспользуемым или используемым недостаточно резервом являются отходы, образующиеся при обработке первичного древесного сырья. Объем отходов производства, образующихся в  $j$  – м территориальном пункте, равен

$$\sum_i \sum_d \sum_k X_{idjk} \beta_{ak}, \quad (10)$$

где  $\beta_{ak}$  – норма образования отходов на  $k$  – м производстве из  $d$  – вида сырья.

Если обозначить через  $y_{jj'k}$  объем потребления отходов в  $k$  – м производстве  $j'$  – го территориального пункта, которые образуются в  $j$  – м пункте, то количественное соотношение ресурсов отходов и объемов их использования примет вид

$$\sum_i \sum_d \sum_k X_{idjk} \beta_{ak} \geq \sum_{j'} \sum_{k'} y_{jj'k} k^1. \quad (11)$$

Введение индексов  $j^1$  и  $k^1$  позволяет разделить территориальные пункты и производства в них на поставщиков и потребителей отходов. При этом тот факт, что производства, на которых образуются отходы, не могут сами быть их потребителями запишется как  $k \neq k^1$ . С другой стороны,  $j$

может совпадать с  $j^1$ , так как в одном месте могут располагаться поставщики и потребители отходов переработки [2].

Указанные критерии оптимизации и формализованные условия распределения лесосырьевых ресурсов позволяют представить данную проблему как задачу линейного программирования. Тогда математическая модель такой задачи будет иметь следующий вид

Целевая функция

$$L = \sum_j \sum_k \sum_i \sum_d X_{idjk} (\rho_{dk} (Z_k - C_{jk}^o) - C_d^c - t_{ij}) + \\ + \sum_m \sum_k \sum_n \sum_i \sum_d X_{idmkn} (\rho_{dk} (Z_k - C_{kn}^o) - C_l^c - t_{im}) + \\ + \sum_j \sum_j \sum_k y_{jj}^i k' (\rho_k (Z_k - C_{jk}^o) - C^c - t_{jj}) + \\ + \sum_j \sum_m \sum_k \sum_n y_{imkn} (\rho_{kn} (Z_k - C_{kn}^o) - C^o - t_{jm}) \rightarrow \min$$

Ограничения:

- I.  $X_{id} - \sum_j \sum_k X_{idjk} - \sum_m \sum_k \sum_n X_{idmkn} = 0$
- II.  $\sum_i (X_{id} + X_{1id}) - \sum_i X_{id} - Q_d = 0$
- III.  $A_{jk}^H \leq \sum_i \sum_d X_{idjk} \leq A_{jk}^b$
- IV.  $\eta_{mkn} A_{kn}^H \leq \sum_i \sum_d X_{idmkn} \leq \eta_{mkn} A_{kn}^b$
- V.  $\sum_k \sum_i \sum_d X_{idk} \beta_{dk} - \sum_j \sum_k y_{jj}^i k' - \sum_m \sum_k \sum_n y_{imkn} \geq 0$
- VI.  $X_{1id} = R_{1id}$
- VII.  $X_{2id} \leq R_{2id}$
- VIII.  $k \neq k^1$

Древесное сырье, потребляемое рядом мелких потребителей региона, учитывается в совокупности по видам сырья, объемы этого сырья по каждому виду ( $Q_d$ )

вычитаются из общих запасов (ограничение II).

Вывод: решение данной задачи линейного программирования представляет собой довольно сложную проблему в силу большой её размерности и наличия целочисленных переменных. Особую трудность представляет формирование матрицы коэффициентов ограничений и целевой функции. Чтобы исключить такое положение, использовано автоматическое формирование симплекс-матрицы. При этом вся исходная информация сводится в ряд таблиц, характеризующих сырьевые и транспортные возможности региона, а также характеристики потребностей древесного сырья.

#### Библиографический список

1. Сушков, С. И. Разработка оптимизационных методов принятия решений на предприятиях лесного комплекса [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова // Лесотехнический журнал. – Воронеж, 2013. – № 1 (9). – С. 172-177.
2. Сушков, С. И. Разработка модели организационной системы управления и принятия решений при функционировании материально-транспортных потоков в лесном комплексе [Текст] / С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова, А. С. Сушков // Сборник научных трудов : материалы научно-технической конференции (16-19 апреля 2013 г.). – 2013. – Ч. 2. – С. 194-197.