

Математическая модель оптимизации на транспортировку и хранение биомассы древесины

А. М. Крупко, Н. С. Крупко

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

Важнейшей причиной сдерживающих возможностей наращивания объемов заготовки и поставки потребителю биомассы древесины является нерешенность задачи оптимизации затрат на перевозку и хранение продукции лесопромышленных предприятий [1-3].

В настоящее время в России достаточно успешно решаются вопросы создания систем в сфере освоения лесных и минерально-сырьевых ресурсов, причем значительная часть этих систем являются отечественными или могут стать отечественными на основе их импортозамещения.

Однако, к настоящему времени не решены вопросы оптимизации двух взаимосвязанных технологических процессов, входящих в сквозные процессы освоения лесных ресурсов. Это процессы как транспортировки, так и хранения названных грузов.

Анализ литературы показал, что транспортно-переместительные операции ведутся не ритмично, отсутствуют эффективные рекомендации для обеспечения названной ритмичности, ввиду этого предприятия используют большие территории для хранения продукции лесопромышленных предприятий, несут весьма большие затраты на содержание, охрану названных территорий [2], [4-7].

Все это обуславливает актуальность разработки математической модели, оптимизирующей как транспортные затраты, так и затраты на хранение биомассы древесины. Реализация разработанных математических моделей в виде программного комплекса приведет как к снижению затрат на

транспортировку лесных ресурсов (примерно на 10-15%), так и к уменьшению затрат на хранение указанной выше продукции (примерно на 8-10%) [8-10]. Таким образом, комплексный подход к решению задач оптимизации приведет к снижению затрат примерно на 20-25 % [8-10].

Разрабатываемая математическая модель основывается на нахождении оптимального плана поставок продукции лесопромышленных предприятий от лесных участков до потребителя через складские помещения.

Таким образом, рассматриваемая модель находит план поставок с учетом хранения продукции на терминале, использования различного вида транспорта (автомобильного и железнодорожного) от лесных участков до потребителей продукции лесопромышленных предприятий [9-10].

Оптимальный план поставок продукции лесопромышленных предприятий состоит из множества маршрутов M_1, M_2, \dots, M_n , которые в свою очередь включают множество перевозок P_1, P_2, \dots, P_l . В ходе каждой перевозки транспортируется только один вид продукции [9-10].

Критерием оптимальности маршрута u_i являются суммарные затраты Z_{u_i} на осуществление доставки продукции лесопромышленных предприятий.

На первом этапе нахождения оптимального плана поставок X , состоящего из множества маршрутов u_1, u_2, \dots, u_n , происходит распределение парка автопоездов R_1, R_2, \dots, R_k по соответствующим перевозкам. Все маршруты, входящие в оптимальный план поставок, являются замкнутыми: начало и конец маршрута в специально отведенном для стоянки и ремонта месте [8].

Маршрут u характеризуется списком, состоящим из лесных участков ($i \in U$), пунктов потребления или терминалов ($j \in U$), вида лесосырья ($k \in K$), а также эффективностью и временем, затраченным на перевозку:

$$u \leftrightarrow (i, j, k) c_u t_u; k \in K, c_u \in R, t_u \in R \quad (1)$$

Определим множество всевозможных маршрутов U :

$$u \in U = \{(i_u^r, j_u^r, k_u^r), c_u^r, t_u^r\}; k \in K, r \in N \quad (2)$$

Запишем задачу генерации маршрутов следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{u \in L} c_u x_u}{\sum_{u \in L} t_u x_u} \rightarrow \max \\ Ax = 0 \\ T - \delta_T \leq \sum_{u \in U} x_u \leq T \\ x \geq 0 \end{array} \right. \quad (3)$$

где T — продолжительность смены, δ_T — допустимое отклонение от продолжительности смены.

Для решения поставленной задачи (1)–(3), схожей с задачей поиска оптимального контура с наибольшим возможным доходом на единицу пройденного расстояния [8]. Для использования данного метода разобьём транспортную сеть, представленную графом $G = \langle V, E \rangle$, где дугами V являются дороги различных категорий, а вершинами E — поставщики и потребители древесной продукции, на множество транспортных сетей перевозок продукции:

$$\begin{aligned} G &= G_1 \cup G_2 \cup \dots \cup G_k, G_q = \langle V, E_q \rangle, q \in 1..k \\ V &\rightarrow V_k = \{(k, i), i \in V\} \\ u \in G_k : u &= \{(k, i), (k, j)\} \end{aligned} \quad (4)$$

Целевой функцией рассматриваемой задачи являются суммарные затраты на доставку продукции лесопромышленных предприятий, включающие затраты на осуществление маршрутов, а также на хранение на терминалах.

Реализацией разрабатываемых математических моделей станет программный комплекс, оптимизирующий затраты на транспорт и хранение

продукции лесопромышленных предприятий. Аналоги разрабатываемого комплекса, например система "TopLogistic" от компании "TopPlan", оптимизируют затраты только на перевозку продукции лесопромышленного комплекса и не учитывают затраты на заготовку и хранение продукции.

Существуют лишь единичные случаи внедрения данных программных комплексов, так как оптимизация затрат на большинстве предприятий лесопромышленного и горнопромышленного комплексов производится в ручном режиме.

Подводя итог, отметим, что применяемые при разработке программного комплекса математические модели имеют мировую научную новизну, так как комплексно оптимизируют технологический процесс транспортировки и хранения продукции на терминалах.

Литература

1. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Кузнецов А. В., Пладов А. В. Вывозка леса автопоездами. Техника. Технология. Организация – СПб: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.
2. Шегельман И. Р. Лесная промышленность и лесное хозяйство: Словарь / авт.-сост. И. Р. Шегельман. 5-е изд., перереб. и доп. Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2011. – 328 с.
3. Matthews, D. M. Cost Control in the Logging Industry. Текст. / D. M. Matthews // McGraw-Hill, New York, 1942. 138 p.
4. Uusitalo J. Metsateknologian perusteet, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyvaskyla, 2006. 228 p.
5. Алябьев В. И. Основы математического моделирования лесопромышленных предприятий / В. И. Алябьев. – М., 1990. – 398 с.
6. Шегельман И. Р. Методика оптимизаций транспортно-технологического освоения лесосырьевой базы с минимизацией затрат на заготовку и

вывозку древесины // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 URL:
ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284

7. Murray, A.T., Church R.L. Heuristic solution approaches to perational forest planning problems. OR Spektrum (Operations Research). 1995. -pp. 193-203.
8. Крупко А. М. Совершенствование технологических процессов транспортного освоения лесных участков лесовозными автопоездами: дис. на соиск. учен. степ. к. т. н. – Архангельск, 2013. – с. 36.
9. Крупко А. М. Исследования направлений повышения эффективности автомобильного транспорта леса // Инженерный вестник Дона, 2012, № 2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/984
10. Крупко А. М. Математическая модель управления производственными мощностями лесотранспортного предприятия / А. М. Крупко, Е. К. Белый // Уч. зап. ПетрГУ. Сер. «Естеств. и техн. науки». – 2011. – № 8. – С. 85 – 88.

References

1. Shegel'man I. R., Skrypnik V. I., Kuznetsov A. V., Pladov A. V. Vyvozka lesa avtopoezdami. Tekhnika. Tekhnologiya. Organizatsiya [Hauling timber trains. Appliances. Technology organization]. SPb: PROFIKC, 2008. p. 304
 2. Shegel'man I. R. Lesnaya promyshlennost' i lesnoe khozyaystvo: Slovar' [Timber industry and forestry: Dictionary]. avt.-sost. I. R. Shegel'man. 5-e izd., perereb. i dop. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2011. p. 328
 3. Matthews, D. M. Cost Control in the Logging Industry. Tekst. D. M. Matthews. McGraw-Hill, New York, 1942. p. 138
 4. Uusitalo J. Metsateknologian perusteet, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyvaskyla, 2006. p. 228
 5. Alyab'ev V. I. Osnovy matematicheskogo modelirovaniya lesopromyshlennykh predpriyatiy [Fundamentals of mathematical modeling of timber companies]. V. I. Alyab'ev. M.: TsNIIME, 1990. p.398
-



6. Shegel'man I. R. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284
7. Murray, A.T., Church R.L. Heuristic solution approaches to perational forest planning problems. OR Spektrum (Operations Research). 1995. pp. 193-203.
8. Krupko A. M. Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh protsessov transportnogo osvoeniya lesnykh uchastkov lesovoznymi avtopoezdami [Improvement of technological processes of transport development of forest areas Forestry trains]. dis. na soisk. uchen. step. kandidata tekhn. nauk. Arkhangel'sk, 2013. p. 36.
9. Krupko A. M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/984
10. Krupko A. M., Belyy E. K. Uch. zap. PetrGU. Ser. «Estestv. i tekhn. nauki». 2011. № 8. pp. 85 – 88.