

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ СЕТЕВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

доктор технических наук, профессор **О. Н. Бурмистрова**¹

кандидат технических наук **Ю. Н. Пильник**¹

1 – ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Российская Федерация

Лесопромышленное производство – это многоплановый процесс, который включает решение вопросов экономики, технологии, процессов производства, структуры предприятия и административно-хозяйственной деятельности. Вопросы управления многоуровневыми транспортно-производственными системами очень мало изучаются и исследуются. Наши исследования – это необходимость укрепления взаимосвязи процессов научного анализа, прогнозирования, перспективного планирования перевозок, соединение их в один общий процесс автоматизированной технологии планирования в лесной отрасли. Транспорт является сложной технической системой, которая тесно взаимодействует со всеми отраслями промышленного производства по прямым и обратным связям. Эти связи проявляются в структуре и объёмах производимой транспортом продукции и используемых им ресурсов. Необходимое условие повышения эффективности работы транспорта – это анализ внешних связей транспорта с другими отраслями народного хозяйства, а также совершенствование его развития и механизма функционирования. Анализ взаимосвязей лесопромышленной отрасли с другими отраслями производства базируется на изучении пропорций между объёмами и структурой заготавливаемой лесопродукции и продукции других отраслей. Такой анализ необходимо проводить на основе математических моделей, в особенности для анализа количественных взаимосвязей процесса производства, оценки влияния различных факторов на динамику показателей развития экономики. В настоящее время одним из важнейших методов изучения и анализа эффективности транспортно-технологических систем является математическое моделирование. Математическое моделирование – это изучение сложных транспортных систем (процессов) путем построения и исследования модели объекта. Математические модели позволяют осуществить предварительный выбор оптимальных решений по определенным критериям. Они научно обоснованы и призваны помочь руководителям в выработке, обосновании и принятии эффективных, качественных управленческих решений в лесном комплексе. Но следует понимать, что любое решение, полученное путем расчета математической модели, оптимально только по одному или нескольким критериям.

Ключевые слова: система, лесоматериалы, структура, метод, производство, затраты, оптимальность, продукция, уравнение, прибыль, стоимость, схема, алгоритм

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY BASES OF THE NETWORK MATHEMATICAL MODELS TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL FLOWS TIMBER

DSc in Engineering, Professor **O. N. Burmistrova**¹

PhD in Engineering **Yu. N. Pilnik**¹

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Ukhta State Technical University», Ukhta, Russian Federation

Abstract

Timber industry - a multi-faceted process that includes issues of economy, technology, production processes, enterprises and the structure of administrative and economic activity. The management of multi-level transport and production systems, very little studied and explored. Our research is the need to strengthen the relationship of processes of scientific analysis, forecasting, long-term transport planning and their connection to a common process automation technology is planned-tion in the forestry sector. Transport is a complex technical system, which works closely with all branches of industrial production in the forward and reverse links. These links appear in the structure and volumes of production and transport resources used by it. A

necessary condition for improving the efficiency of transport - an analysis of the external links of transport with other sectors of the economy, as well as sovershenst-tence of its development and functioning of the mechanism. Analysis of the relationship lesopromyshh-Universe sector with other sectors of production are based on a study of the proportions between the volumes and structure of harvested timber and products of other industries. Such an analysis should be carried out on the basis of mathematical models, especially for the analysis of quantitative relationships of the production process, assess the impact of various factors on the dynamics of economic development. Currently, one of the most important methods of studying and analyzing the efficiency of transport and technological systems is mathematical modeling. The mathematical-mechanical modeling - is the study of complex transport systems (processes) through on-the structure and the research object model. Mathematical models allow a pre-selection of optimal solutions according to specific criteria. These scientifically based and are designed to help leaders in the development, validation and acceptance of ef-efficient, high-quality management decisions in the forest complex. But it must be a pony-mother, that any solution obtained by calculating the mathematical model, optimal only for one or more criteria.

Keywords: system, timber, structure, technique, production, costs, optimal, products, equation, profit, cost, diagram, algorithm

Процесс управления лесопромышленным производством состоит из следующих этапов:

- перспективное планирование – это определение наиболее рациональных направлений развития предприятия от 1 года до 5-20 лет;

- календарное планирование – это определение оптимальных планов по выпуску конечной лесопroduкции с учетом требуемых материальных и трудовых ресурсов по фазам производства от одного месяца до года;

- оперативное планирование – это сменные (для каждой смены) планы организации производства с расчетом потребности в лесоматериалах и выбором эффективных систем транспортных машин и их численности.

- оперативное управление – это реализация оперативных планов производства, которые включают в себя учет расхода лесоматериалов и выполнения работ, анализ и сравнение выполненных объемов с планом, реализацию управляющих воздействий.

Фазы лесопромышленного производства включают последовательно или параллельно выполняемые производственные операции, которые можно разделить на несколько транспортно-технологических потоков:

- дискретные (на выходе получается заявленный объем лесоматериалов);

- непрерывные (лесоматериал подается и обрабатывается, а готовая продукция выдается непрерывно);

- дискретно-непрерывные (лесоматериал на переработку подается отдельными партиями, а готовая

продукция выдается непрерывно).

В лесопромышленном производстве, как правило, преобладают дискретные механические процессы, которые связаны с перемещением древесного сырья и продукции и с механической обработкой древесины. К таким процессам можно отнести валку деревьев, трелевку, обрубку сучьев, погрузку, раскряжевку и т. д.

В производственных процессах лесопромышленных предприятий технические средства (ТС), которые выполняют единичные процессы, образуют технологические линии различных структур [1]:

- а) последовательные (рис. 1, а), которые представляют собой цепочку ТС, выполняющих различные производственные операции с потоком лесоматериалов; при этом выходящий поток от каждого предыдущего ТС является входящим к каждому последующему;

- б) сходящиеся (рис. 1, б), при которых несколько параллельных потоков лесоматериалов после обработки поступают к одной технологической линии;

- в) ветвящиеся (рис. 1, в), при которых поток лесоматериалов после обработки на линиях разветвляется и поступает одновременно к двум или нескольким другим технологическим линиям;

- г) с реверсом (рис. 1, г) в линии с такой структурой, где часть лесоматериалов после обработки возвращается к одному из предыдущих ТС для повторной обработки;

- д) комбинированные, имеющие в своем составе элементы структуры п. а, б, в и г.

По своим масштабам производства лесной отрасли делят на:

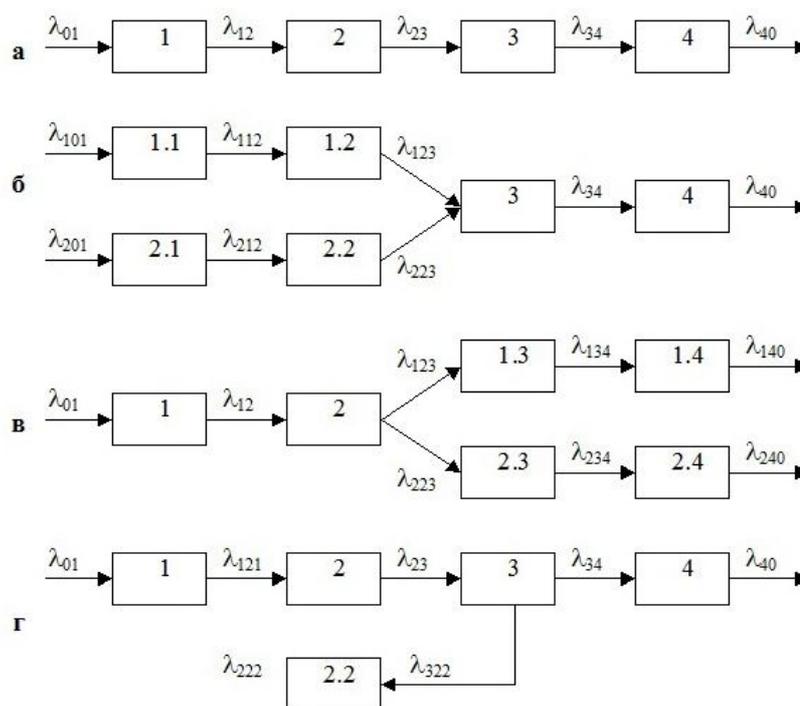


Рис. 1. Граф схемы транспортно-технологических потоков: а – последовательные; б – сходящиеся; в – ветвящиеся; г – с реверсом; λ_{ijk} – интенсивность потоков лесоматериалов

- единичные (поштучный выпуск различных видов лесопродукции);
- серийные (выпускающие лесопродукцию с устойчивой номенклатурой);
- массовые (выпускающие объемы лесопродукции постоянного ассортимента).

Лесопромышленные производства могут быть отнесены к серийным или массовым.

Можно отдельно выделить и способы, выполняемые транспортными средствами. Транспортные средства при своем движении могут выполнять одну транспортную операцию или последовательно несколько.

Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов, производство и переработка лесоматериалов, их распределение по транспортной сети при условии минимальных приведенных затрат – это цель функционирования лесопромышленных предприятий.

К сожалению, не существует одного общего показателя для количественной оценки достижения этой цели, поэтому в процессе управления производством используют целую систему показателей, каждый из которых применяют на определенных уровнях и этапах управления.

Любое лесопромышленное предприятие функционирует в условиях множества как однозначно определяемых, так и случайно складывающихся параметров S . В множество \bar{S} включены параметры, которые характеризуют наличие ограниченных ресурсов \bar{S}_p (т.е. $\bar{S}_p \in \bar{S}$). Эффективность функционирования предприятия может характеризоваться набором /множеством/ показателей \bar{R} .

Управление на каждом этапе транспортировки в течение периода управления T в каждый момент времени t заключается в поиске таких вариантов \bar{X}_t^* , характеризуемых множеством параметров организации производства \bar{X}_t^* , ограниченных по величине, $\bar{X}_t^* \in \bar{X}_t^{*(d)}$, где показатели эффективности будут максимальны или минимальны [1]:

$$R_{kt} = F_k(\bar{S}, \bar{X}_t^* = \begin{cases} \min R_{kt} \\ \text{или} \\ \max R_{kt} \end{cases}), (R_{kt} \in \bar{R}_{(d)}), (1)$$

при:

$$R_p \geq R_p(n); \quad R_q \leq R_q(n);$$

$$R_p \in \bar{R}_o; \quad R_q \in \bar{R}_o. \quad (2)$$

Формирование состава показателей $\bar{S}, \bar{X}, \bar{R}$ в каждом конкретном случае, для каждой задачи управления требует математического подхода к ее решению.

Для оценки этих результатов также не существует единого показателя. Выбор того или другого показателя \bar{R} для оценки качества функционирования управляемого звена и показателей, принимаемых в качестве ограничений \bar{X}_0 и \bar{R}_0 , определяется характером задач управления.

Составим структурную схему для решения задач с учетом влияния эластичности спроса на стоимость транспортировки лесоматериалов.

Дано уравнение прибыли

$$\Pi = F(\Pi_1) = \frac{A}{\Pi_1^E} \cdot \left(\frac{\Pi_1}{1+\alpha} - B_0 - B_1 b_0 A^q \Pi_1^{E q_1} \right) - Z_0. \quad (3)$$

и уравнение спроса

$$D(\Pi_1) = \frac{A}{\Pi_1^E}, \quad (4)$$

где α, q – торговая наценка и доля налога на добавочную стоимость,

Π_1 – цена,

A – капитал потребителя.

$B_0 = C_n + C_\infty$ – удельные затраты,

C_n – постоянные затраты,

C_∞ – предельные затраты;

$B_1 = C_\infty$;

$q = b_0 R^{-g_1}$ – переменная часть удельных собственных затрат;

Z_0 – начальные затраты.

Первая производная функции:

$$F'(\Pi_1) = \frac{A(E-1)}{(1+\alpha)\Pi_1^{E+1}} - (-\Pi_1 + \alpha_2 + c_2 \Pi_1^{E q_1}). \quad (5)$$

где $\alpha_2 = B_0(1+\alpha) \frac{E}{E-1}$,

$$c_2 = B_1 b_0 A \frac{-q_1 E}{E+1} (1-q_1)(1+\alpha),$$

т. е. максимальная прибыль достигается при значении Π_1 , являющейся корнем уравнения

$$-\Pi_1 + \alpha_2 + c_2 \Pi_1^{E q_1} = 0. \quad (6)$$

Вводим новую переменную:

$$\Pi_1 = \alpha_2 u,$$

$$-u + 1 + c u^b = 0, \quad (7)$$

где $c = c_2 \alpha_2^{b-1}$; $b = E q_1$, $b > 0$.

В зависимости от величины c возможны следующие решения (рис. 2):

1. $c = \bar{c}$, где \bar{c} – значение c при касании кривых $y = u_1$ и $y = c u^b$. В этом случае – единственное решение.

2. $c > \bar{c}$ – нет решения.

Покажем решение уравнения (6) графическим методом.

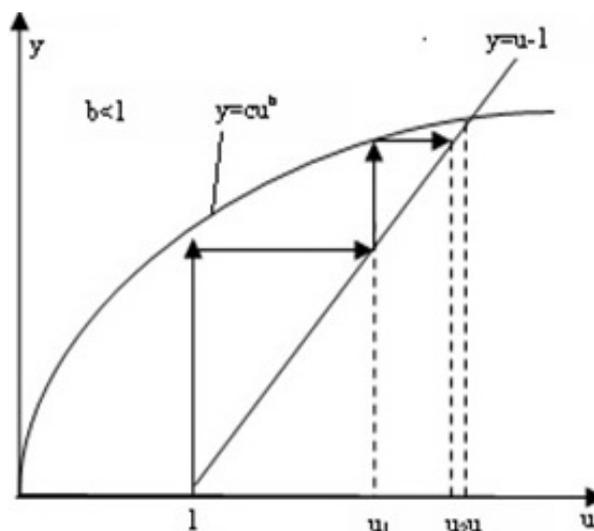


Рис. 2. Графический метод решения уравнения (6)

Пусть $y = u_1$ и $y = c u^b$. Анализ этого уравнения показывает, что для всех $c > 0$ существует единственный положительный корень u^* (рис. 3).

Вычисления корня u^* легко осуществить методом простой итерации по уравнению

$$u^{k+1} = 1 + c(u^k)^b, \quad (8)$$

где k – номер итерации (при $k = 0, u^0 = 1$).

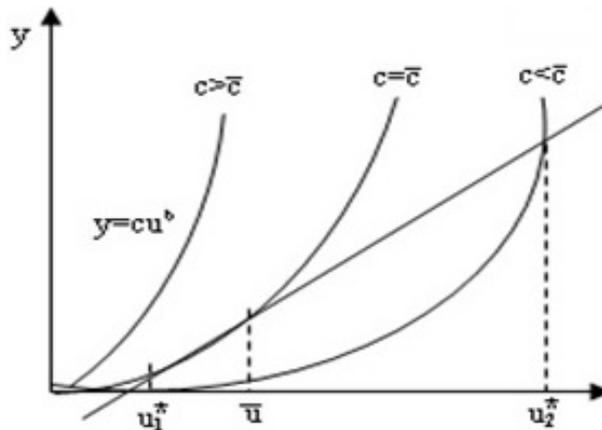


Рис. 3. Графический метод решения уравнения (9)

Условием окончания процесса является выполнение неравенства $u^{-k} - u^k < \varepsilon$, где ε – заданная точность вычисления корня. $b > 1$ – нет решения.

3. Имеем два корня (рис. 3).

u_1^*, u_2^* – корни уравнения;

u_1^*, u_2^* – при максимальной и минимальной прибыли.

Нужно найти $u_1^*, u_2^* \in [1; \bar{u}]$.

Значения \bar{c}, \bar{u} находим из уравнения касания $u - 1 = cu^b$, в точке касания производные от левой и правой частей равны:

$$1 = \frac{d}{du}(u - 1) = \frac{d}{du}cu^b = cbu^{b-1} \quad (9)$$

Находим \bar{u} :

$$\left. \begin{aligned} cu^b &= \frac{u}{b} \\ u - 1 &= \frac{u}{b} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{u} = \frac{b}{b-1}; c = -\frac{1}{b-1} = \frac{(b-1)^{b-1}}{b^b} \quad (10)$$

Вычисление корня u_1^* легко осуществляется

(при $c < \bar{c}$) той же процедурой (7).

Алгоритм решения задачи в виде блок-схемы представлен на рис. 4.

Вывод: Для оценки результатов сетевых транспортно-технологических потоков не существует единого показателя. Выбор того или иного показателя для оценки качества функционирования управляемого звена (критериев управления) и ограничений определяется характером транспортных задач управления. Разработанные целевые функции, модели и алгоритмы позволяют в дальнейшем снизить издержки при сетевой доставке лесоматериалов от поставщиков к потребителям.

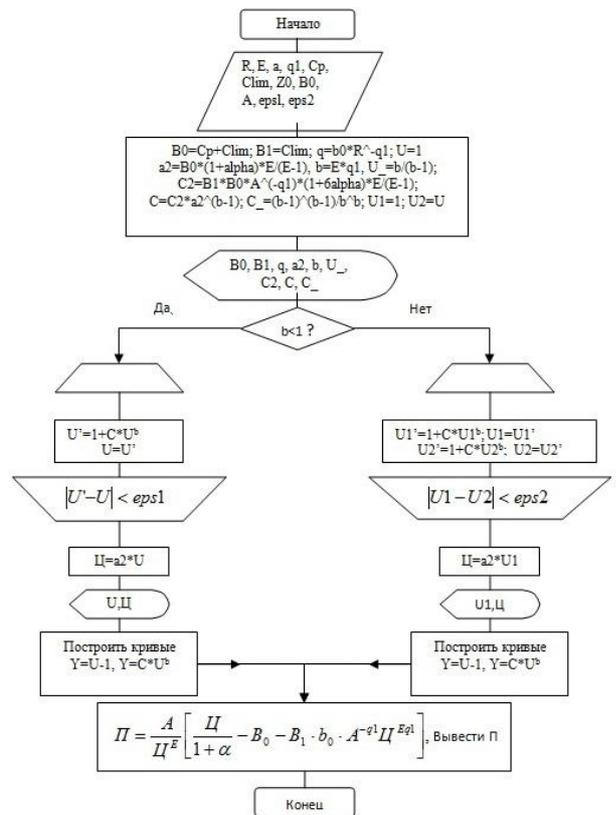


Рис. 4. Структурная схема решения задачи учета конкуренции эластичностью спроса

Библиографический список

1. 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*. – 2015. – № 11. – Ч. 2. – С. 317-321.
2. Сушков, С.И. Разработка теоретических основ планирования и управления транспортными потоками в лесном комплексе [Текст] / С.И. Сушков, О.Н. Бурмистрова, Ю.Н. Пильник // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8 (6). – С. 1331-1335.
3. Liyanage, C. Measuring Success of PPP Transport Projects: A Cross-Case Analysis of Toll Roads [Text] / C. Liyanage, F. Villalba-Romero // *Transport reviews*. – 2015. – Vol. 35. – Issue 2. – Special Issue: SI. – pp. 140-161.

4. Hare, W. A mixed-integer linear programming model to optimize the vertical alignment considering blocks and side-slopes in road construction [Text] / W. Hare, Y. Lucet, F. Rahman // European journal of operational research. – 2015. – Vol. 241. – Issue 3. – pp. 631-641.
5. Burdett, R. Block models for improved earthwork allocation planning in linear infrastructure construction [Text] / R. Burdett, E. Kozan, R. Kenley // Engineering optimization. – 2015. – Vol. 47. – Issue 3. – pp. 347-369.
6. Setinc, M. Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm [Text] / M. Setinc, M. Gradisar, L. Tomat // Optimization. – 2015. – Vol. 64. – Issue 3. – pp. 687-707.
7. Janssen, Thomas Stahlbau Design and construction in existing contexts: Replacement of the first High Bridge Levensau [Text] // Janssen Thomasstahlbau. – 2015. – Vol. 84. – Issue 3. – pp. 182-194.

References

1. Sushkov S.I., Burmistrova O.N., Pilnik Y.N. *Principy reshenija zadach upravlenija v mnogourovnevnyh transportno-proizvodstvennyh sistemah lesnogo kompleksa* [Principles of management tasks in a multitier transport and production systems forest complex]. *Fundamental'nye issledovanija* [Fundamental research]. 2015, no. 11, Part 2, pp. 317-321. (In Russian).
2. Sushkov S.I., Burmistrova O.N., Pilnik Y.N. *Razrabotka teoreticheskikh osnov planirovanija i upravlenija transportnymi potokami v lesnom komplekse* [Development of theoretical bases of planning and management of trans-tailors flows in the forest complex]. *Fundamental'nye issledovanija* [Basic Research]. 2014, no. 8 (6), pp. 1331-1335. (In Russian).
3. Liyanage, Champika; Villalba-Romero, Felix Measuring Success of PPP Transport Projects: A Cross-Case Analysis of Toll Roads. *Transport reviews*, 2015, Vol. 35, Issue 2, Special Issue: SI, pp. 140-161.
4. Hare, Warren; Lucet, Yves; Rahman, Faisal A mixed-integer linear programming model to optimize the vertical alignment considering blocks and side-slopes in road construction. *European journal of operational research*, 2015, Vol. 241, Issue 3, pp. 631-641.
5. Burdett R., Kozan E., Kenley R. Block models for improved earthwork allocation planning in linear infrastructure construction. *Engineering optimization*, 2015, Vol. 47, Issue 3, pp. 347-369.
6. Setinc, Marko; Gradisar, Mirko; Tomat, Luka Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm. *Optimization*, 2015, Vol. 64, Issue 3, pp. 687-707.
7. Janssen, Thomas Design and construction in existing contexts: Replacement of the first High Bridge Levensau. *Janssen Thomasstahlbau*, 2015, Vol. 84, Issue 3, pp. 182-194.

Сведения об авторах

Бурмистрова Ольга Николаевна – заведующая кафедрой технологий и машин лесозаготовок, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, г. Ухта, Российская Федерация; e-mail: oburmistrova@ugtu.net.

Пильник Юлия Николаевна – старший преподаватель ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», кандидат технических наук, г. Ухта, Российская Федерация; e-mail: ypilnik@mail.ru.

Information about authors

Burmistrova Olga Nikolaevna – head of the Department of technology and machines of logging, Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Ukhta State Technical University», DSc in Engineering, Professor, Ukhta, Russian Federation; e-mail: oburmistrova@ugtu.net

Pilnik Yulia Nikolaevna – Senior Lecturer, Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Ukhta State Technical University», PhD in Engineering, Ukhta, Russian Federation; e-mail: ypilnik@mail.ru.