

УДК 338.5

МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ И ВЫРУЧКИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Медведев С.О., Мохирев А.П., Герасимова М.М.

Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Лесосибирск, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru

В работе представлены результаты исследования, направленного на разработку моделей оптимизации выпуска продукции и выручки лесопромышленных предприятий. Целью работы являлось, помимо получения данных моделей, выявление и описание ряда ограничений, воздействующих на ключевые для лесопромышленных предприятий показатели выручки и объема выпуска. Важным аспектом в работе выделен экологический фактор, который в современных практических условиях можно трактовать как применение лесопромышленными и иными предприятиями принципов устойчивого развития. В результате обработки и анализа существующих теоретических представлений относительно описываемых моделей, а также особенностей работы лесопромышленных предприятий получены модели, в которых ключевые позиции занимают ограничения на ресурсы, производственные мощности, цены и ряд других факторов. Полученные результаты могут быть использованы в практике работы предприятий, а также при планировании системы экологических ограничений органами государственной власти. Одним из ключевых факторов при получении моделей является уникальность лесной промышленности, где в производственном процессе активно используются вторичные древесные ресурсы (отходы). Такое положение позволяет повышать эффективность деятельности предприятий лесной отрасли и снижать воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, математическая модель, система ограничений, эффективность, выручка, оптимизация выпуска

MODELS FOR OPTIMIZING THE OUTPUT AND REVENUE OF TIMBER ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Medvedev S.O., Mokhirev A.P., Gerasimova M.M.

Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru

The paper presents the results of a study aimed at developing models for optimizing the output and revenue of timber enterprises. In addition to obtaining model data, the aim of the study was to identify and describe a number of constraints affecting key revenue and output indicators for timber companies. An important aspect of the work is the environmental factor, which in modern practical conditions can be interpreted as the application of the principles of sustainable development by forestry and other enterprises. As a result of processing and analysis of existing theoretical ideas about the described models, as well as the features of the work of timber enterprises, models are obtained in which the key positions are occupied by restrictions on resources, production capacity, prices and a number of other factors. The results obtained can be used in the practice of enterprises, as well as in planning a system of environmental restrictions by public authorities. One of the key factors in obtaining models is the uniqueness of the forest industry, where secondary wood resources (waste) are actively used in the production process. This situation makes it possible to increase the efficiency of enterprises in the forest industry and reduce the impact on the environment.

Keywords: timber industry, mathematical model, system of restrictions, efficiency, revenue, optimization of output

Лесопромышленные предприятия характеризуются выпуском разнородной продукции. При этом переработке подвергаются различные древесные ресурсы, начиная от ключевой стволовой древесины и заканчивая вторичными древесными ресурсами: древесная зелень, корни, пни, щепа и т.д. Ключевое значение для достижения экономической эффективности предприятия имеет эффективность использования данных ресурсов. В практике хозяйствования лесопромышленной отрасли выделяются различные стадии переработки [1]. Наиболее перспективными и имеющими наибольшую долю добавленной стоимости в конечной цене

продукции являются предприятия, осуществляющие глубокую переработку древесной биомассы. Однако с усложнением технологии, сопровождающим переход к глубокой переработке, происходит увеличение расходов на снижение воздействия на окружающую среду, так как более глубокая степень переработки требует использования химических реагентов, повышенного вовлечения водных и энергетических ресурсов, большего изъятия территорий под производства и т.д. Важно отметить, что лесопромышленная отрасль характеризуется интеграционными процессами, когда широта ассортимента и используемых ресурсов расширяется

вслед за числом входящих в объединение (например, лесопромышленный кластер) предприятий [2]. Еще одна важная тенденция – переход к устойчивому развитию – реформирование принципов деятельности, учитывающих экологические требования и характеризующих минимизацией воздействия на окружающую среду.

Также вполне очевидно, что любое производство характеризуется рядом дополнительных ограничений: необходимый процент прибыли, требования государственных органов по обеспечению санитарных, экологических, законодательных и иных норм. При этом любое коммерческое предприятие стремится максимизировать свою прибыль при использовании ограниченного объема ресурсов [3]. В этой связи интересным с теоретической точки зрения выступает формирование экономико-математических моделей по оптимизации выпуска продукции, выручки и прибыли для лесопромышленных предприятий с учетом экологических требований.

Цель исследования: опираясь на известные представления относительно моделей деятельности и общие принципы функционирования лесопромышленных предприятий, сформировать модели оптимизации выпуска продукции и выручки лесопромышленных предприятий в условиях устойчивого развития.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов для исследования использованы представления о работе лесопромышленных предприятий, использующих в своей деятельности разнородные древесные ресурсы; известные теоретические модели, описывающие деятельности производственных предприятий; модели, характеризующие оптимизацию выручки и объемы выпуска промышленности. Основной метод исследования – аналитический.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования была поставлена теоретическая задача оптимизации лесопромышленного производства при условии эффективного использования ресурсов, в том числе древесных.

Зададим $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – целевую функцию выпуска продукции лесопромышленным предприятием (кластером), использующим n различных древесных ресурсов. Очевидно, что в ходе производственного процесса образуются различные вторичные древесные ресурсы и отходы производства. Обозначим их как m . Также зададим матрицу образующихся вторичных древес-

ных ресурсов и отходов в процессе деятельности данного предприятия [4]:

$$W_p = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{m1} & W_{m2} & \dots & W_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $w_{ij} > 0$ – количество j -го вторичного древесного ресурса или отхода, образуемого при использовании единицы i -го ресурса на лесопромышленном предприятии. При этом вектор отходов \bar{o} определяется формулой

$$\bar{o}^T = W_p \cdot \bar{x}^T$$

или

$$o_k = \sum_{j=1}^n w_{kj} x_j, k = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

где \bar{x} – вектор-строка используемых на лесопромышленном предприятии ресурсов.

В целях рассмотрения всех аспектов деятельности предприятий необходимо ввести ряд ограничений. Введем:

1. Матрицу R коэффициентов ограничений на ресурсы.

2. Вектор ограничений \bar{a} , который зависит от производственных возможностей лесопромышленного предприятия.

3. Вектор нормативов образования вторичных древесных ресурсов и отходов \bar{o}^* . Данные нормативы обычно определяются справочно, исходя из нормативов образования отходов производства и потребления. Однако с учетом специфичности лесной промышленности и необходимости соблюдения ряда дополнительных экологических требований (например, при экспорте продукции в ряд европейских стран) нормативные значения могут быть заданы для каждого конкретного предприятия [5]. Оптимально, если для лесной отрасли данные нормативы, многие из которых формировались еще в советские годы при устаревшем на данный момент уровне развития техники, будут пересмотрены.

Объединяя все введенные ограничения, можно сформулировать задачу оптимизации выпуска продукции лесопромышленным предприятием в условиях эффективного использования ресурсов: необходимо найти максимум функции

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(\bar{x}) \rightarrow \max \quad (3)$$

на допустимом множестве

$$\begin{cases} \bar{x} \geq \bar{0}, \bar{o} \geq \bar{0}, \\ R\bar{x}^T \leq \bar{a}^T, \\ \bar{o} \leq \bar{o}^*. \end{cases} \quad (4)$$

Данная постановка задачи оптимизации выпуска продукции лесопромышленным предприятиям при условии эффективного использования ресурсов соответствует современным требованиям к лесной отрасли [6]: сертификации по стандартам PEFC и FSC, ответственному природопользованию, устойчивому развитию и т.д. При этом важным отличием от традиционных моделей, используемых для оптимизации деятельности предприятий, данная модель, помимо часто используемых двух ограничений в уравнении (4), включает третье, характеризующее экологичность производства.

Для выполнения третьего условия в (4), имеющего в развернутом виде форму ограничения по каждому виду вторичных древесных ресурсов или отходов

$$\sum_{j=1}^n w_{kj} \cdot x_j \leq o_k^*, k = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

необходимо перейти к более современным технологиям либо использовать более качественные ресурсы, приводящие к образованию меньшего объема отходов. В случае несоблюдения ограничений (5) объем перерабатываемых ресурсов \bar{x} может быть столь мал, что для предприятия невозможно будет достичь экономической эффективности (рентабельности) при выпуске продукции [7–9].

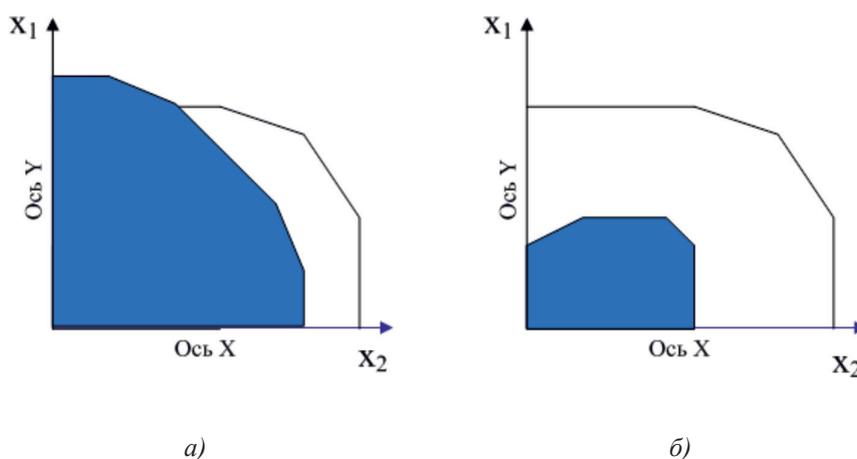
На рисунке представлена данная ситуация. Ограничения (5) представлены темной областью (оптимальные решения), светлая область – все допустимое множество решений. Темная область, а, следовательно, оптимальное решение зависит от коэффициентов w_{ij} , которые, в свою очередь, определяются особенностями технологий

использования ресурсов на лесопромышленных предприятиях. Современные экологичные технологические решения на производствах (а) существенно в значительной мере сказываются на сужении области допустимых решений в сравнении с применением устаревших технологий (б).

Модель (3)–(5) характерна для макро- и региональной экономики. Данный факт обусловлен отсутствием на данный момент у предпринимателей веских оснований для соблюдения требований по использованию вторичных древесных ресурсов. Таким образом, выполнение условий (5) является на практике одним из инструментов государственного регулирования лесной отрасли и одной из ее ключевых проблем – эффективного и максимально полного использования вторичных древесных ресурсов. При этом на данный момент бизнес заинтересован в максимизации выручки и прибыли за счет увеличения выпуска разнородной продукции (3).

Согласно проведенным исследованиям [10], одним из важных направлений в развитии ЛПК страны должно являться увеличение объемов вовлекаемых вторичных ресурсов в промышленное производство. При этом в целях стимулирования данного процесса со стороны государства необходимо принятие действенных мер. В частности, необходимо увеличение для бизнеса норм платежей за неиспользование в производстве вторичных древесных ресурсов.

В данных целях следует перейти к стоимостному выражению показанной выше целевой функции (3) и взиманию платы при неиспользовании вторичных древесных ресурсов в производстве.



Допустимые решения при моделировании оптимизации выпуска продукции на лесопромышленных предприятиях

В целях перехода к стоимостному выражению целевой функции зададим p – агрегированная рыночная цена выпускаемой на лесопромышленном предприятии продукции, а компоненты вектора

$$\bar{d} = (d_1, d_2, \dots, d_m) \quad (6)$$

определяют затраты предприятия на выплату штрафных санкций за превышение норм образования отходов (при несоблюдении третьего условия в (4)).

С учетом новых вводных функция выручки от производства продукции $F(\bar{x})$ выражается как

$$TR = pF(\bar{x}) - \bar{d}\bar{\varepsilon}, \quad (7)$$

где $\bar{\varepsilon}$ – вектор «начисления штрафов» за превышение нормативов образования отходов

$$\varepsilon_j = \begin{cases} 0, & \text{если } o_j \leq o_j^*, \\ 1, & \text{если } o_j > o_j^*. \end{cases} \quad j=1, 2, \dots, m, \quad (8)$$

где \bar{o} – вектор образования вторичных древесных ресурсов и отходов, рассчитываемый по формулам (2) и (1);

o_j^* – компоненты вектора предельного объема образования отходов.

$$\bar{o}^* = (o_1^*, o_2^*, \dots, o_m^*). \quad (9)$$

Таким образом, модель оптимизации выручки лесопромышленного предприятия от производства продукции с вектором ресурсов \bar{x} при применении технологий, определяемых функцией F , формулируется следующим образом: найти максимум функции (7), (8), (6) на допустимом множестве решений

$$\begin{cases} \bar{x} \geq \bar{0}, \\ R\bar{x}^T \leq \bar{a}^T \end{cases} \quad (10)$$

при ограничении (9) на вектор \bar{o} .

Данная модель носит более прикладной характер и применима на уровне предприятий, кластеров, региональных ЛПК. При этом отдельные элементы характеризуют производственную деятельность предприятия – матрица R , вектор \bar{a} , другие же – нормативную базу образования отходов и стоимости использования устаревших технологий (векторы \bar{o}^* и \bar{d}). При этом данная модель жестко увязывает необходимость перехода к устойчивому развитию и государственное регулирование ЛПК через систему ограничений [11]. В условиях повышения требований государства к пред-

приятиям по использованию вторичных ресурсов бизнес будет вынужден переходить на более экологически чистые технологии и стремиться к максимизации выручки, в том числе за счет использования вторичных древесных ресурсов.

Заключение

Таким образом, в результате исследования предложены модели оптимизации выпуска продукции и выручки лесопромышленных предприятий в условиях устойчивого развития. Определено, что оптимизация процессов на лесопромышленных предприятиях ограничивается объемом доступных ресурсов, производственными возможностями предприятия, нормативами образования отходов (вторичных древесных ресурсов). Также важное воздействие на достижение заданных целевых показателей (прибыли, объема выпуска) имеют цены на ресурсы и выпускаемую продукцию, внедрение современных технологий. Полученные результаты можно использовать при планировании деятельности лесопромышленных предприятий (отраслей, кластеров), а также региональных лесопромышленных комплексов. Важно, что актуальность данных моделей будет возрастать с повышением интереса к принципам устойчивого развития со стороны властей и руководства промышленных предприятий.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК-1902.2019.6 и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «Исследование и моделирование процессов развития экономики лесной промышленности региона в контексте природно-климатических условий и ресурсного потенциала», № 18-410-240003.

Список литературы

1. Безруких Ю.А., Рябова Т.Г., Алашкевич Ю.Д., Медведев С.О. Модель устойчивого развития экономики лесной отрасли // Российский экономический интернет-журнал. 2016. № 4. С. 6.
2. Булгакова М.А. Обеспечение экономической безопасности лесной отрасли России: вопросы теории и практики // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. Т. 15. № 1. С. 29–33.
3. Сушков О.С., Поляков И.Е., Бокарева Н.С. Методика формирования модели экологической системы для лесной отрасли // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 7 (43). С. 146–151.
4. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики: учебное пособие. СПб.: Питер, 2010. 496 с.

-
5. Глухов В.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. СПб.: Питер. 2003. 384 с.
6. Позднякова М.О., Мохирев А.П., Медведев С.О. Факторный анализ экономической эффективности предприятий лесопромышленного комплекса // *Фундаментальные исследования*. 2019. № 5. С. 94–98.
7. Панютин А.Н. Оптимизация объема выпуска продукции предприятием лесного сектора // *Наука Красноярья*. 2017. Т. 6. № 4–2. С. 47–51.
8. Алферьев Д.А. Оптимизация производственной программы выпуска инновационной продукции промышленного предприятия // *Проблемы развития территории*. 2017. № 6 (92). С. 83–93.
9. Мохирев А.П., Медведев С.О., Безруких Ю.А., Герасимова М.М. Применение экономико-математического моделирования для выбора оптимального варианта использования вторичных древесных ресурсов // *Российский экономический интернет-журнал*. 2016. № 4. С. 40.
10. Шайдуллина Л.И. Экономико-математическая модель по оптимизации объема выпуска продукции в потоке создания ценности // *Современные научные исследования и инновации*. 2014. № 6–2 (38). С. 6.
11. Суменков М.С., Суменков С.М., Новикова Н.Ю. Реализация методики принятия решений при оптимизации выпуска готовой продукции на предприятии // *Экономические науки*. 2018. № 161. С. 30–34.