

УДК 338.22.021.4 DOI: 10.14451/1.247.184

Применение экономико-математических методов как основа принятия управленческих решений по укреплению производственного потенциала мебельных предприятий*

© 2025 **Спешилова Наталья Викторовна**

Заведующий кафедрой экономической теории, региональной и отраслевой экономики, профессор, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник. Оренбургский государственный университет; Оренбургский филиал Института экономики УрО РАН, Россия, Оренбург.

E-mail: spfenics@yandex.ru

© 2025 **Тычинина Наталья Александровна**

Доцент кафедры экономической теории, региональной и отраслевой экономики, кандидат экономических наук. Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург.

E-mail: tychinina_nataly@mail.ru

© 2025 **Хисамутдинова Юлия Рамилевна**

Магистрант кафедры экономической теории, региональной и отраслевой экономики. Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург.

E-mail: julieberry050501@gmail.ru

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, производственный потенциал, материальные затраты, промышленное предприятие, экономическая эффективность, задача оптимального раскроя материалов.

Отечественные мебельные предприятия заинтересованы в укреплении производственного потенциала, диагностике возможных путей роста объема производства посредством оптимального использования ресурсов. В статье рассмотрена методика решения задачи оптимального раскроя материалов на примере производственного процесса мебельного предприятия Московской области, а также обоснована эффективность использования экономико-математического моделирования для определения имеющихся и потенциальных производственных возможностей с целью повышения эффективности процессов принятия решений в системе управления мебельным производством.

*Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН «Институт экономики УрО РАН». (Р)

Введение

Решение о необходимости модификации действующей производственной стратегии принимается предприятиями мебельной отрасли под влиянием текущих факторов бизнес-среды. Динамика мебельного производства в России по данным Росстата [7] с 2015 года показывает устойчивый рост (рис. 1). В 2024 году наблюдается положительная тенденция увеличения производства мебели на 84 млрд руб. или на 19,18%, что обусловлено значительными темпами капитального строительства, вводом в эксплуатацию жилых новостроек, следствием чего является высокий спрос на мебель. Однако по данным Ассоциации предприятий мебельной и деревообрабатывающей промышленности России (АМДПР) рост мебельного производства зависит не столько от расширения объемов, сколько от увеличения ключевой ставки Банка России, а также роста инфляции, официальный уровень которой по итогам 2024 года составил 9,52% [1]. АМДПР отмечает замедление темпов роста мебельного рынка в натуральном выражении и подорожание продукции.

В современных экономических реалиях, с одной стороны, освободились перспективные ниши для отечественных предприятий, поскольку значительное число транснациональных компаний приостановило свою деятельность на территории России. С другой стороны, ввиду нарушения внешнеполитических связей России обострилась зависимость российских мебельных предприятий от зарубежных поставок фурнитуры.

Текущая ситуация в российской экономике оказывает влияние на развитие мебельного производства и требует разработки новых подходов, направленных на рост эффективности деятельности предприятий обрабатывающей отрасли. Соответственно, сложившиеся условия хозяйствования обуславливают необходимость внедрения стратегического управления затратами мебельного предприятия [8].

Производственный потенциал является ключевым фактором устойчивости стратегических позиций российских промышленных предприятий,

что, в свою очередь, способствует повышению их конкурентоспособности. В частности, материальная составляющая производственного потенциала мебельного предприятия включает оборотные средства, в том числе материально-производственные запасы. Эффективное управление последними играет важную роль в поддержании конкурентоспособности мебельной продукции на рынке.

В условиях высокой ресурсоемкости мебельного производства вопрос повышения конкурентоспособности отрасли остается актуальным, и его решение невозможно без внедрения ресурсосберегающих технологий. При этом экономико-математическое моделирование становится действенным инструментом укрепления производственного потенциала мебельного предприятия, позволяющим выявлять оптимальные сценарии работы предприятия с учетом возможных рисков, определять «узкие» места в производственном процессе и находить пути их устранения. Поскольку мебельное производство является материалоемким, построение экономико-математических моделей целесообразно для определения путей сокращения материальных затрат. В частности, внедрение результатов решения задачи оптимального раскроя материалов помогает находить наиболее эффективные способы распределения сырья.

Обоснованность использования экономико-математического моделирования применительно к процессу разработки управленческих решений по укреплению производственного потенциала подтверждается следующими положениями:

1. планирование производственного потенциала проводится с целью выбора наилучшего способа использования ресурсов, то есть их оптимизации с точки зрения намеченной цели. Классической оптимизационной задачей является задача линейного программирования;
2. математическая модель в виде основной задачи линейного программирования позволяет найти наилучший вариант плана из множества возможных альтернатив без их полного

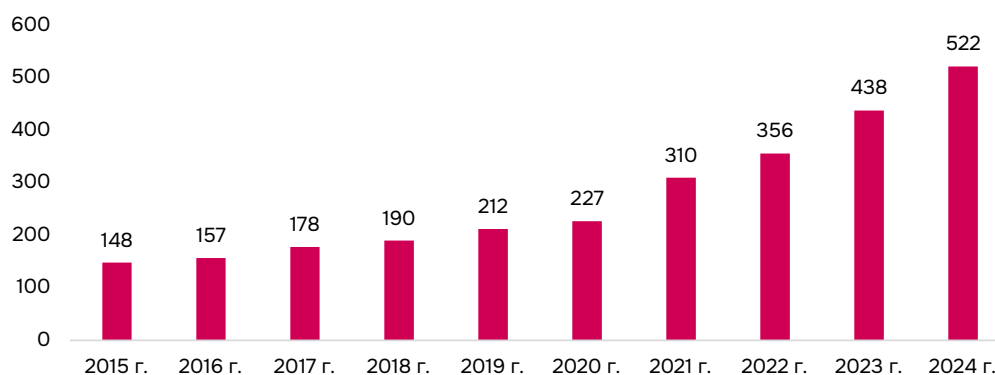


Рис. 1. Динамика мебельного производства в России, млрд руб.

- перебора и сравнения, то есть упрощает процесс планирования производственного потенциала;
3. для решения задач линейного программирования в сочетании с компьютерными программами предусмотрены специальные математические аппараты, что ускоряет процесс поиска решения, как следствие, составления оптимального плана производственного потенциала мебельного предприятия;
 4. математическая модель в виде основной задачи линейного программирования позволяет оптимизировать любые бизнес-процессы, то есть может быть применена ко всем составляющим производственного потенциала в зависимости от специфики деятельности предприятия;
 5. решение задачи линейного программирования направлено на поиск количественно определенного показателя — так называемого критерия оптимальности, что, в свою очередь, соответствует экономической сущности решаемой задачи — разработке плана укрепления производственного потенциала;
 6. система ограничений модели линейного программирования включает основные и дополнительные ограничения. Основные ограничения описывают расход производственных ресурсов, дополнительные — имеют различный характер, являются изменяемой частью модели, с помощью которой отражаются особенности моделируемой задачи, что позволяет учесть воздействие множества факторов, влияющих на производственный потенциал

мебельного предприятия [9];

7. в задаче линейного программирования учитываются ограничения на наличие ресурсов, производственную мощность предприятия и иные производственные факторы.

Для выявления перспективных направлений развития производственного потенциала необходимо рассмотреть задачу об оптимальном раскрое материалов, решение которой произведем на основе показателей производства одного из предприятий мебельной промышленности Московской области.

Материалы и методы

Теоретическая основа исследуемой проблемы представлена трудами отечественных и зарубежных ученых-экономистов, которые затрагивают вопросы укрепления производственного потенциала мебельных предприятий, применения экономико-математических моделей в управлении производственным процессом.

Отправной точкой в методологии решения задач наиболее экономного раскроя линейных материалов (сортового проката, трубы, брусков), листовых материалов (листового проката, фанеры, стекла и т.п.) на заготовки простых форм являются труды Л. В. Канторовича, В. А. Залгаллера [5].

Учеными-экономистами А. А. Петуниным, Н. С. Котел, А. Ф. Таваевой подтверждается целесообразность применения экономико-математических моделей для сокращения издержек на резку и хранение материалов [6]. В работах А. И. Богинского, И. В. Зайцевой,

О. А. Малафеева, Д. Н. Резенькова по результатам практической реализации построенной динамической модели сделаны выводы о том, что область применения экономико-математического моделирования является весьма обширной [2; 4]. В свою очередь, целочисленные задачи линейного программирования используются вышеуказанными авторами для целей планирования и управления производством. К задачам целочисленного линейного программирования относится задача о раскрое, реализацию которой целесообразно провести на примере исследуемого мебельного предприятия.

Цель работы – исследовать направления развития производственного потенциала современного мебельного предприятия на основе применения экономико-математического моделирования.

Для достижения поставленной цели работы использованы методы экономико-математического моделирования, анализа и синтеза, индукции и дедукции.

В качестве объекта исследования для решения задачи об оптимальном раскрое материалов промышленного предприятия выбрано одно из предприятий малого бизнеса Московской области, организационно-правовая форма которого – общество с ограниченной ответственностью; основным видом деятельности предприятия, основанного в 2009 году, является производство садово-парковой мебели. Исходя из требований конфиденциальности данных название промышленного предприятия авторами не указывается.

Результаты и обсуждение

В мебельной промышленности используются заготовки, получаемые отливкой, сваркой, а также точной вырубкой. Как правило, значительная часть материалов, которые поступают в производство садово-парковой мебели, имеет фиксированный размер, поэтому непосредственное их применение без предварительной обработки является невозможным. Перед передачей сырья

в производство необходимо сформировать заготовки определенной конфигурации и необходимых размеров, что, в свою очередь, достигается посредством решения задачи оптимального раскроя материалов. Последняя сводится к определению такого способа раскроя, которому соответствует минимум отходов и расхода материалов, максимум комплектов различных заготовок. Задача оптимального раскроя считается классической прикладной оптимизационной задачей, решение которой следует найти с помощью методов математического программирования.

Пиломатериалы, как правило, поступают прямоугольной формы в заготовительное производство. Как следствие, существует ряд ограничений для планирования раскроя, обусловленных техническими характеристиками материалов:

- для определенных видов материалов требуется соблюдение направления волокна (например, ткань, дерево и др.);
- заготовки, у которых длина превышает ширину листового материала, можно расположить на листе только в определенном направлении.

Для нужд мебельного производства используются заготовки таких лесоматериалов, как брус, горбыль, обрезная доска. Для отражения практической стороны расчетов метод оптимизации раскроя иллюстрирован конкретной производственной задачей мебельного предприятия.

Деревообрабатывающий цех мебельного предприятия для нужд производства садовой мебели проводит распиловку бруса длиной 8 метров, для того чтобы выкроить заготовки размеров 1,4; 2,2 и 3,1 м. При этом необходимо получить не менее 23,15, 18 заготовок длиной 1,4; 2,2 и 3,1 м соответственно. Требуется составить план раскроя бруса, в котором критерием оптимизации является минимизация отходов после распиловки.

Очевидно, что планирование совместного раскроя материалов при соблюдении условия компактности заготовок представляется трудоемким процессом. Целесообразным является одновременное планирование раскроя материала на

все виды заготовок, для которых данный материал применяется. Следует составить экономико-математическую модель распиловки бруса, рассмотрев все возможные способы использования материала.

Для обоснования нормы расходования бруса для производства садовых кресел используется карта раскроя материалов. В таблице 1 представлены технологически возможные способы распиловки, применяемые на мебельном предприятии.

Таблица 1. Карта раскроя бруса для производства садовых кресел.

Способ распиловки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Заготовка № 1, м	3,1	3,1	3,1	3,1	2,2	2,2	2,2	1,4
Заготовка № 2, м	3,1	2,2	2,2	1,4	2,2	2,2	1,4	1,4
Заготовка № 3, м	1,4	2,2	1,4	1,4	2,2	1,4	1,4	1,4
Заготовка № 4, м	–	–	–	1,4	–	1,4	1,4	1,4
Заготовка № 5, м	–	–	–	–	–	–	1,4	1,4
Использовано от бруса, м	7,6	7,5	6,7	7,3	8	7,2	7,8	7
Отход, м	0,4	0,5	1,3	0,7	0	0,8	0,2	1

Формирование карты распиловки бруса проводится с учетом требований минимизации отходов, повторения одинаковых деталей на картах раскроя, максимизации выхода заготовок при условии выполнения заданной спецификации заготовок, с учетом ряда технологических ограничений.

Постановка задачи распиловки бруса заключается в следующем. Задано множество деталей $T(t = 1, 2, 3)$ с установленными размерами и требуемыми минимальными границами M_t потребности в t -ой заготовке. Введем $K(k = 1, \dots, n)$ множество возможных распилов бруса. Обозначим x_j – планируемая выработка бруса, разрезанного j -ым способом в соответствии с раскроем $j \in K$. Заметим, что x_j – целочисленные неотрицательные переменные. Примем d_{jt} – количество заготовок при распиловке бруса j -ым способом заготовок t -го вида, v_j – отходы при распиловке бруса j -ым способом. Решение производственной задачи включает перечень распилов $j \in K$ с определением объема реализации x_j каждого из них. В общем виде целевая функция задачи распила бруса определяется в соответствии с суммарными потерями исполь-

зуемого сырья:

$$F = \sum_{j \in K} v_j x_j \rightarrow \min.$$

Целевая функция стремится к минимуму, поскольку задача состоит в минимизации затрат ресурсов мебельного предприятия. Заданные условия задачи ограничивают объемы производства деталей из бруса:

$$F = \sum_{j \in K} d_{jt} x_j \geq M_t.$$

Представим экономико-математическую модель задачи оптимальной распиловки бруса в соответствии с данными таблицы 3. Целевая функция имеет вид: $F = \sum 0,4 \cdot x_1 + 0,5 \cdot x_2 + 1,3 \cdot x_3 + 0,7 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0,8 \cdot x_6 + 0,2 \cdot x_7 + 1 \cdot x_8 \rightarrow \min.$

При выработке бруса следует учитывать следующие ограничения:

- количество заготовок длиной 1,4 м: $1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_3 + 3 \cdot x_4 + 1 \cdot x_5 + 2 \cdot x_6 + 4 \cdot x_7 + 5 \cdot x_8 \geq 23$;
- количество заготовок длиной 2,2 м: $2 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 3 \cdot x_5 + 2 \cdot x_6 + 1 \cdot x_7 \geq 15$;
- количество заготовок длиной 3,1 м: $2 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 \geq 18$;

- целочисленность переменных: $x_j \in Z$ ($j = \overline{1, 8}$). (8)
 - неотрицательность переменных: $x_j > 0$ ($j = \overline{1, 8}$);
- Соответственно математическая модель задачи распила бруса:

$$F = \sum 0,4 \cdot x_1 + 0,5 \cdot x_2 + 1,3 \cdot x_3 + 0,7 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0,8 \cdot x_6 + 0,2 \cdot x_7 + 1 \cdot x_8 \rightarrow \min.$$

$$\begin{cases} x_1 + x_3 + 3 \cdot x_4 + x_5 + 2 \cdot x_6 + 4 \cdot x_7 + 5 \cdot x_8 \geq 23 \\ 2 \cdot x_2 + x_3 + 3 \cdot x_5 + 2 \cdot x_6 + x_7 \geq 15 \\ 2 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 \geq 18 \end{cases}$$

$$x_j > 0, x_j \in Z(j = \overline{1, 8}).$$

На рисунке 2. представлены исходные данные задачи.

Для решения применим функцию-оптимизатор «Поиск решения» Microsoft Excel. Согласно полученным результатам следует распилить первым способом 8 брусьев, вторым способом – 2 бруса, пятым способом – 3 бруса, седьмым способом – 2 бруса, восьмым способом – 1 брус. Использование третьего, четвертого и шестого вариантов распиловки бруса представляется нецелесообразным. Для реализации плана раскроя необходимо 16 брусьев. Данный вариант обеспечивает выполнение плана по объему заготовок размеров 1,4; 2,2 и 3,1 м: будут получены 24 заготовки размера 1,4 м; 15 заготовок длиной

2,2 м; 18 заготовок длиной 3,1 м. План раскроя подразумевает получение 21,4 м отходов.

С помощью надстройки «Поиск решения» Microsoft Excel найден оптимальный план распиловки бруса, результаты представлены на рис. 3.

Для того, чтобы оценить эффективность мероприятия по внедрению экономико-математических моделей управления материальной составляющей производственного потенциала мебельного предприятия, необходимо сравнить текущие затраты, возникающие при раскрое бруса. Используемая карта распиловки бруса на исследуемом мебельном предприятии представлена в таблице 2.

Таблица 2. Используемая карта распиловки бруса на исследуемом мебельном предприятии.

Карта распила бруса								Количество бруса, шт.
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
9	2	5	1	3	1	2	1	24

При использовании инструментария экономико-математического моделирования процессов деревообработки на исследуемом мебельном

предприятии оптимальный план раскроя бруса по критерию минимизации отходов представлен в таблице 3.

	0,4	0,5	1,3	0,7	0	0,8	0,2	1	Неиспользованный остаток, м		
	Карта раскроя бруса										
	Количество заготовок, шт.										
Вид заготовки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1,4 м	1	0	1	3	1	2	4	5	>=	23	
2,2 м	0	2	1	0	3	2	1	0	>=	15	
3,1 м	2	1	1	1	0	0	0	0	>=	18	

Рис. 2. Исходные данные задачи оптимальной распиловки бруса.

Вариант распила бруса								
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Количество бруса, шт
8	2	0	0	3	0	2	1	16
Вид заготовки	Количество, шт.							
1,4 м	24							
2,2 м	15							
3,1 м	18							
Отходы, м	21,4							

Рис. 3. Результаты поиска оптимального плана распиловки бруса.

Таблица 3. Оптимальный план распиловки бруса.

№ карты раскроя	Количество бруса, шт.	Спецификация заготовок бруса			
		Размер заготовки, м	1,4	2,2	3,1
		Запас бруса на складе, шт	10	6	3
1	8	3	1	–	2
2	2	3	–	2	1
5	3	3	–	3	–
7	2	5	4	1	–
8	1	5	5	–	–
Итого		19	10	6	3

Производственный потенциал отражает объем выпуска продукции, который может быть достигнут при заданных ресурсах мебельного предприятия. Эффект от предложенного мероприятия должен заключаться в интенсификации мебельного производства. Следовательно, в рамках изучения развития производственного потенциала необходимо выявить, как внедрение опти-

мального плана раскроя может способствовать организации производства. Расчет эффективности внедрения бережливого производства может быть произведен с помощью разнообразных способов и приемов [3]. Данные о затратах рабочего времени оборудования при распиловке бруса представлены в таблице 4.

Таблица 4. Технологическая эффективность производства после внедрения предложенного мероприятия.

Показатель	Текущая карта раскроя	Оптимальная карта раскроя	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение, %
Необходимое количество бруса для выполнения задания, шт.	24	16	-8	66,67
Норма времени для распиливания одного бруса на станке с ручной подачей, час	0,2	0,2	0	0
Время выполнения планового задания, час	4,8	3,2	-1,6	66,67
Количество отходов, м	24	21,4	-2,6	89,2

Из содержания таблицы 4 закономерным является вывод о том, что внедрение оптимального варианта распиловки бруса позволит сократить время выполнения производственных задач деревообрабатывающего цеха ежедневно на 33,33%. Выявлены резервы для снижения материальных затрат мебельного предприятия: предложенное мероприятие позволит уменьшить количество сырья, необходимого для нужд производства [10]. При внедрении оптимального способа распиловки бруса сокращаются отходы на 10,8%.

Заключение

Применение задачи линейного программирования для оптимизации раскроя материалов позволит не только минимизировать затраты, но и сократить длительность производственного цикла мебельного предприятия за счет снижения трудоемкости технологических операций, уменьшения времени на перемещение предметов труда в цехах.

В статье рассмотрены практические аспекты построения экономико-математических моделей для оптимизации производственных запасов мебельного предприятия, которое способствует эффективности использования ресурсов в условиях их постоянной ограниченности путем определения оптимальных объемов закупок, логисти-

ки и складирования в производстве мебели.

По результатам проведения экономико-математического моделирования производственных процессов мебельного предприятия сформулированы следующие управленческие решения: закрепить во внутренних документах исследуемого мебельного предприятия разработанный план распила бруса; использовать разработанную экономико-математическую модель оптимизации затрат в отношении всех видов используемых производственных ресурсов мебельного предприятия.

Линейное программирование является инструментом математического моделирования, на основе которого принимаются оптимальные решения для управления ресурсами и планирования производства мебельного предприятия, ресурсосбережения.

Таким образом, использование задачи оптимального раскроя материалов, как задачи целочисленного линейного программирования, является одним из путей укрепления производственного потенциала и, как следствие, увеличения объемов производства, роста сбыта продукции при неизменных производственных затратах мебельного предприятия.

Библиографический список

1. Ассоциация предприятий мебельной и деревообрабатывающей промышленности России. — URL: <http://amedoro.com/ru> (дата обр. 10.06.2025).
2. Богинский А. И. Использование цифровой модели продукта в решении задачи оптимизации затрат на этапах жизненного цикла перспективной продукции // Креативная экономика. — 2019. — Т. 13, № 8. — С. 1563–1572.

3. *Ермашкевич Н. С., Коновалов И. Е.* Совершенствование методического подхода по управлению портфелем проектов организации на основе внедрения концепции бережливого производства // *Креативная экономика*. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 423–448.
4. *Зайцева И. В., Малафеев О. А., Резеньков Д. Н.* Экономико-математическое моделирование минимизации общих затрат в управлении запасами // *Фундаментальные исследования*. – 2021. – № 2. – С. 18–22.
5. *Канторович Л. В., Залгаллер В. А.* Рациональный раскрой промышленных материалов. – 2-е изд. – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1971. – 299 с.
6. *Петунин А. А., Котел Н. С., Таваева А. Ф.* Об одном примере оптимального решения интегрированной задачи 2D-раскроя и маршрутизации инструмента машины листовой резки с ЧПУ // *Вестник Югорского государственного университета*. – 2023. – № 4. – С. 88–101.
7. *Росстат.* Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024 : Статистический сборник. – М., 1081.
8. *Спешилова Н. В., Масалимова З. З.* Подходы к формированию системы стратегического управления затратами на предприятии : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 20 мая 2023 года // *Проблемы устойчивого экономического развития в системе управления организацией, предприятием, учреждением уголовно-исполнительной системы*. – Рязань : Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2024. – С. 210–215.
9. *Технология принятия решений в экономике и в управлении техническими системами : учебное пособие / Н. В. Спешилова [и др.]*. – Оренбург : ОГУ, 2018. – 364 с.
10. *Хотина Т. К., Ерзылева А. А., Бачина Т. В.* Инновационное развитие предприятия по производству мебели // *Вестник экономики, управления и права*. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 23–32.