

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.Н. Визунов

Нижегородский государственный университет

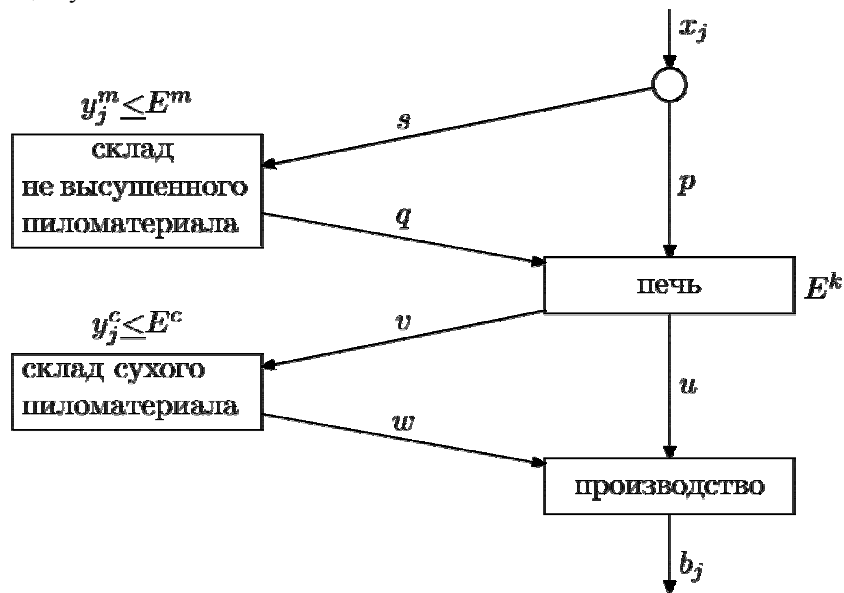
Разработана модель управления затратами, которая реализована на одном из деревообрабатывающих комбинатов. Применение модели позволяет минимизировать расходы на приобретение и сушку пиломатериалов, а также позволяет предприятию отказаться от дорогостоящей аренды дополнительных складских территорий.

На современном этапе развития российской экономики для многих предприятий проблема снижения затрат является одной из ключевых. В настоящее время в ряде отраслей обостряется конкурентная борьба между отечественными производителями. Это характерно, в частности, для деревообрабатывающей отрасли промышленности. Для достижения конкурентного преимущества предприятия вынуждены снижать цены на свою продукцию, что обуславливает снижение рентабельности производства. Кроме того, цены на отечественные товары постепенно начали приближаться к ценам на аналогичные товары, производимые за рубежом. Конкурировать по уровню качества с иностранными производителями могут лишь немногие отечественные предприятия, следовательно, одним из основных способов достижения конкурентного преимущества для большинства российских предприятий является поддержание более низкой цены, что возможно только при условии низких затрат на производство.

Предприятия деревообрабатывающей промышленности Нижегородской области характеризуются крайне низкой эффективностью использования производственных ресурсов — из 1 м³ древесины на отечественных лесоперерабатывающих предприятиях получают товарной продукции в 5 раз меньше, чем в промышленно развитых странах. Такой уровень эффективности допустим только при условии низких цен на сырье и материалы, — однако в последние годы наблюдается устойчивый рост цен на древесину (по некоторым оценкам, за 2000–2002 годы рост цен на древесину составил более 20%). Рост цен на древесину во многом обуславливает снижение рентабельности производства в данной отрасли. В частности, затраты на один рубль товарной продукции по лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Нижегородской области выросли с 69,7 копеек в 1999 году до 88,9 копеек в 2002 году. Деревообрабатывающая промышленность Нижегородской области характеризуется также высоким уровнем конкуренции.

Разработанная экономико-математическая модель позволяет решать задачу снижения затрат на деревообрабатывающем комбинате. Исходные условия следующие. Сначала определяются ключевые составляющие себестоимости и предлагаются варианты снижения уровня образующих их расходов. В частности, снижение стоимости используемого в производстве пиломатериала может быть достигнуто путем минимизации расходов на его хранение и сушку. В производстве пиломатериалов в настоящее время самым дорогостоящим процессом является сушка — при использовании существующих технологий энергозатраты столь высоки (200–250 квт-ч на кубометр), что стоимость сушки превышает стоимость самой древесины и ее распиловки.

В настоящее время рассматриваемый деревообрабатывающий комбинат не может обойтись собственными складскими помещениями, что обуславливает необходимость аренды дополнительных складских территорий. Потребность в дополнительных складских помещениях возникает вследствие того, что пиломатериал поступает на предприятие крупными партиями с низкой периодичностью. Авторами предлагается использовать метод ежедневных закупок; при этом размер поставляемой партии планируется исходя из ежедневной потребности в пиломатериале и минимизации расходов на его сушку. Экономико-математическая модель задачи планирования поставок пиломатериала разрабатывается исходя из следующих условий.



Используемый в производстве пиломатериал может быть либо изготовлен на предприятии, либо приобретен у поставщиков. Перед использованием в производстве пиломатериал должен быть предварительно высушен. Распределение поступившего за день на предприятие пиломатериала отражает следующее соотношение:

$$x_j^o + x_j^n = s_j + p_j,$$

где x_j^o — количество пиломатериала, произведенного на предприятии в день j (м^3), x_j^n — количество пиломатериала, поступившего от поставщиков в день j (м^3), s_j — количество пиломатериала, поступившего в день j и направленного на склад (м^3), p_j — количество пиломатериала, поступившего на склад в день j и направленного в сушильную камеру (м^3).

Пиломатериал, высушенный до необходимой кондиции (в частности, для производства погонажа и столярных изделий используется пиломатериал пятнадцатипроцентной относительной влажности) из сушильной камеры поступает на склад либо в основное производство. В основном производстве используется так-

же высушенный пиломатериал, хранящийся на складе. Таким образом, ежедневное изменение запасов пиломатериала на складе может быть выражено следующими соотношениями.

Для пиломатериала, не прошедшего стадию сушки:

$$y_{j-1}^m + s_j - q_j = y_j^m,$$

где y_j^m — количество не высушенного пиломатериала на складе на конец дня j ($j=1, \dots, n$, где n — количество дней планируемого периода) (м^3), q_j — количество не высушенного пиломатериала, поступившего со склада в сушильную камеру в день j (м^3).

Для пиломатериала, прошедшего стадию сушки:

$$y_{j-1}^c + v_j - w_j = y_j^c,$$

где y_j^c — количество высушенного пиломатериала на складе на конец дня j (м^3), v_j — количество высушенного пиломатериала, поступившего на склад из сушильной камеры в день j (м^3), w_j — количество высушенного пиломатериала, поступившего со склада в производство в день j (м^3).

Емкости складов пиломатериалов ограничены, что выражается следующими неравенствами:

$$y_{j-1}^m + s_j - q_j \leq E^m, \quad y_{j-1}^c + v_j - w_j \leq E^c,$$

где E^m и E^c — емкости складов для не высушенного и сухого пиломатериалов (м^3).

Емкость сушильной камеры ограничена, таким образом количество пиломатериала, поступившего за день из сушильной камеры, не может превышать ее емкость:

$$v_j + u_j \leq E^k,$$

где u_j — количество высушенного пиломатериала, поступившего в производство из сушильной камеры в день j (м^3), E^k — емкость сушильной камеры (м^3).

Взаимосвязь между объемом пиломатериала, поступившего в сушильную камеру, и объемом пиломатериала, поступившего из сушильной камеры, определяется следующим соотношением:

$$p_{j-k} + q_{j-k} = v_j + u_j,$$

где k — время сушки пиломатериала до необходимого уровня влажности (дней) ($k=3$ при сушке сырой древесины относительной влажности 60–70% до влажности 15%).

В то время, когда в сушильной камере идет процесс сушки, пиломатериал в нее загружаться не может. То есть, если в камеру был загружен пиломатериал, то в течение k дней после этого загрузка пиломатериала в камеру невозможна. Таким образом, если

$$\sum_{t=1}^k (p_{j-t} + q_{j-t}) > 0, \text{ то } p_j + q_j = 0,$$

Необходимо также учесть ограничение объема собственного производства пиломатериала, что выражается следующим неравенством:

$$x_j^o \leq X_{\max}^o,$$

где $X_{\max}^o$ — максимальный объем собственного производства пиломатериала (в день) (м^3).

Высушенный пиломатериал может поступать в производство как со склада, так и из сушильной камеры, что определяет следующее соотношение:

$$b_j = w_j + u_j,$$

где b_j — дневная потребность в пиломатериале в день j (м^3).

Наконец, необходимо указать, что все используемые переменные являются неотрицательными:

$$x^o, x^n, s, p, q, v, u, w \geq 0.$$

Рассматриваемая задача состоит в минимизации совокупных затрат, связанных с приобретением, производством и сушкой пиломатериала (с учетом описанных ограничений). Исходя из этого, целевая функция строится следующим образом:

$$F = \sum_{j=1}^n (c^o * x_j^o + c^n * x_j^n + C(q_{j-1} + p_{j-1}, \dots, q_{j-k} + p_{j-k})) + C^f,$$

где

$$C(q_{j-1} + p_{j-1}, \dots, q_{j-k} + p_{j-k}) = \begin{cases} C^k, & \text{если } \sum_{t=1}^k (p_{j-t} + q_{j-t}) > 0, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

C^k — затраты на электроэнергию во время работы сушильной камеры за день (руб.); C^f — постоянные затраты на содержание склада, сушильной камеры, собственное производство пиломатериала (руб.); c^o — переменные затраты на производство 1 м^3 пиломатериала (руб.); c^n — цена поставки 1 м^3 пиломатериала (руб.).

Авторами предлагается следующий алгоритм решения рассматриваемой задачи. Для его реализации вводятся следующие дополнительные ограничения:

Сушка пиломатериала выполняется только при условии полной загрузки сушильной камеры, то есть $p_j + q_j \in \{0, E^k\}$.

Переменные затраты на собственное производство пиломатериала превышают цену поставки пиломатериала контрагентов, то есть $c^o > c^n$.

Решение задачи выполняется в два этапа. На первом этапе определяется потребность в высушенном пиломатериале последовательно на каждый день планируемого периода. Если величина складских запасов высушенного пиломатериала на конец дня превышает производственную потребность следующего дня

($y_j^c \geq b_{j+1}$), то выполняется переход к анализу следующего дня ($j = j+1$). Иначе выполняется анализ возможности загрузки сушильной камеры в предыдущие дни (с целью получения недостающего объема высушенного пиломатериала на рассматриваемый день). Если камера в предыдущие k дней была не загружена, то есть $\sum_{t=1}^k (p_{j-t} + q_{j-t}) = 0$, то выполняется загрузка камеры ($p_j + q_j = E^k$), иначе анализ загрузки выполняется за предыдущие дни ($j = j-1$), пока не будет найден период, в течение которого камера не была загружена. Описанный цикл повторяется до тех пор, пока не будет выполняться условие $y_j^c \geq b_{j+1}$.

На втором этапе для каждого дня определяется минимальный объем не высушенного пиломатериала, необходимый для удовлетворения рассчитанных на этапе 1 показателей загрузки сушильной камеры ($p_j + q_j$). Загрузка сушильной камеры выполняется в следующей последовательности.

Сначала выполняется загрузка пиломатериала со склада. Если объем невысушенного пиломатериала на складе не позволяет удовлетворить существующую потребность, то есть $p_j + q_j > y_{j-1}^c$, то недостающий объем пиломатериала производится на предприятии (в текущий день, либо в случае недостаточности, в предыдущие дни планируемого периода).

Если запасы пиломатериала на складе и объемы собственного производства не позволяют удовлетворить существующую потребность, недостающий объем пиломатериала приобретается у поставщиков.

Планирование закупок в соответствии с предложенной моделью позволило предприятию отказаться от аренды дополнительных складских территорий и минимизировать расходы на сушку пиломатериала.