

## МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Роман Шулла, Михаил Повидайчик

**Аннотация:** Для предприятий лесопильной отрасли предложена модель оптимизации раскроя пиловочного сырья с учетом критерия маржинальной прибыли. Кроме факторов сферы сбыта в модели учитываются некоторые аспекты сферы снабжения предприятия, которые в значительной степени влияют на выбор релевантных показателей для целевой функции.

**Ключевые слова:** маржинальная прибыль, оптимизация раскроя, целочисленное линейное программирование.

**ACM Classification Keywords:** H.4.2 Information Systems Applications: Types of Systems: Decision Support.

---

### Введение

Характерной особенностью лесопильного производства является его комплексный характер: в результате соответствующего управленческого решения результатом процесса раскроя бревна могут быть одновременно два или более видов продукции. Комплексность процесса раскроя леса, как характерный признак лесопильного производства, формирует определенные сложности при планировании затрат в связи с возникновением так называемых комплексных затрат [Bungenstock, 1995]. Комплексные затраты на основе критерия зависимости затрат от изменения объема производства можно разделить на две группы: постоянные и переменные [Schweitzer, 1998]. Постоянные комплексные затраты по определению не могут быть распределены между отдельными видами продукции (полуфабрикатов). Но также и переменные комплексные затраты, в соответствии с принципом причинности или идентичности, не могут быть распределены между отдельными видами продукции [Männel, 1992]. То есть все комплексные затраты являются косвенными по отношению к видам продукции, которые, в свою очередь, являются результатом процесса комплексного производства.

В процессе раскроя леса первичным фактором комплексных маржинальных (переменных) затрат выступает не объем производства конкретного вида продукции, а план раскроя как управленческое решение о формировании поставов для пиловочного сырья. Следовательно, распределение маржинальных затрат процесса комплексного производства (как материальных, которые формируют материально-вещественную основу выпускаемой продукции, так и конверсионных, возникающих в процессе трансформации предмета труда в готовую продукцию) между видами продукции будет условным (фиктивным) [Kilger, 1992].

Поэтому обобщающий вывод о комплексных затратах может быть сформулирован следующим образом: комплексные затраты являются следствием не управленческого решения относительно производственной программы (объемов производства спецификационной пилопродукции), а управленческого решения относительно плана раскроя (хотя план раскроя и исходит из спроса на отдельные виды продукции). Составление поставов на плановый период – это взаимосвязанные последовательные решения, которые в совокупности, как целостная система, утверждаются в плане раскроя. Но, если на предприятии используется система стандартных поставов  $p_j(d_i)$   $j = 1, 2, \dots, m$ , стабильных во времени типовых схем раскроя для каждого диаметра  $d_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , то отдельный постав также можно рассматривать как фактор комплексных маржинальных затрат:

$$МП_{ij} = V_j - MЗ_{ij},$$

где  $MP_{ij}$ ,  $B_{ij}$ ,  $MZ_{ij}$  - маргинальная прибыль, выручка и маргинальные затраты для бревна  $i$ -го диаметра, раскroенного  $j$ -м поставом.

Конечно же, показатели маргинальных затрат по поставу имеют в определенной степени стохастический характер, так как кроме управленческих решений менеджмента на маргинальные затраты влияет также такой фактор как качественные характеристики пиловочного сырья (кривизна, овальность и другие пороки формы ствола согласно ГОСТа).

---

### **Классификация факторов, учитываемых при построении оптимизационной модели раскroя пиловочного сырья**

---

При построении модели линейного программирования для оптимизации раскroя пиловочного сырья необходимо сначала осуществить классификацию «сбытового (рыночного) аспекта» деятельности предприятия на основании следующих критериев:

- степени дифференцированности производственной программы предприятия;
- степени определенности информации относительно спроса на продукцию, на основе которой разрабатывается производственная программа предприятия;
- степени влияния покупателей на размерно-качественные свойства продукции (при ее конструировании).

В рыночной среде по вышеприведенным критериям предприятие можно отнести к одной из трех групп:

Группа 1. К этой группе относятся предприятия по производству стандартизированной продукции для «анонимного» рынка (покупатели не имеют непосредственного влияния на размерно-качественные свойства продукции на стадии ее разработки). При этом планирование производственной программы осуществляется на основе прогностической информации относительно спроса на продукцию в плановом периоде (например, производство электроэнергии).

Группа 2. К этой группе относятся предприятия, производящие стандартизированную продукцию для «анонимного» рынка, но при укомплектовании конечного изделия учитываются специфические требования заказчика. Планирование производственной программы на таких предприятиях осуществляется комбинированным принципом: на первоначальных стадиях планирование производственной программы происходит на основе прогнозных значений спроса на стандартные комплектующие, а на стадии (многовариантного) монтажа планирование происходит на основе спецификации заказчика (например, автомобилестроение).

Группа 3. К этой группе относятся предприятия, производящие дифференцированную продукцию на заказ. Заказчик имеет полное влияние на размерно-качественные характеристики выпускаемой продукции. Планирование производственной программы на таких предприятиях осуществляется на основе фактически имеющихся на предприятии спецификаций от заказчика (например, авиастроение).

Предприятия лесопильной отрасли по вышеприведенным критериям относятся, как правило, к группе 3.

Также при построении оптимизационных моделей для лесопильной отрасли необходимо учитывать некоторые аспекты из сферы снабжения, так как размерно-качественные свойства пиловочного сырья имеют значительное влияние на выход процесса лесопиления. Составление плана раскroя на лесопильных предприятиях может исходить из двух ситуаций относительно пиловочного сырья:

1. План раскroя базируется на фактической или прогностической информации о цене и возможных объемах закупки пиловочного сырья в течение планового периода в разрезе диаметров и сортов;
2. План раскroя базируется на фактической информации относительно имеющихся на предприятии объемах пиловочного сырья в разрезе диаметров и сортов.

В первом случае релевантными затратами в оптимизационной модели являются маргинальные затраты, включающие также и материальные затраты (т.е. затраты на покупку и доставку леса). Во второй ситуации релевантными являются только маргинальные конверсионные затраты, а материальные затраты являются уже нерелевантными – это так называемые безвозвратные затраты (англ. sunk cost).

Последним важным аспектом при построении оптимизационных моделей для лесопильной отрасли является выбор целевой функции, которые можно классифицировать следующим образом:

- функции максимизации целевого показателя (максимизация объемного выхода лесопильной продукции, максимизация маржинальной прибыли за период, максимизация выручки за период);
- функции минимизации целевого показателя (минимизация объемных затрат пиловочного сырья для фиксированного выхода, минимизация маргинальных затрат за период для фиксированного выхода).

Функции минимизации целевого показателя целесообразно использовать на тех предприятиях, где процесс раскря пиловочного сырья есть только составным элементом процесса более глубокой переработки лесопильных материалов. Примером может служить производство паркетной доски, где процесс раскря является первичным элементом в стоимостной цепочке. На таких производствах обычно выгодно осуществлять субоптимизацию (итеративная оптимизация на основе локальных оптимизационных моделей) по каждой стадии стоимостной цепи, так как построение тотальной (синхронной) оптимизационной модели является достаточно сложной и неэффективной с точки зрения принципа «затраты на информацию – экономический эффект от информации». Для предприятий с глубоким циклом переработки пиловочного сырья процесс оперативного планирования производства осуществляется по принципу «обратного» (ретроградного) планирования: исходным пунктом при составлении планов и бюджетов есть план сбыта. Для лесопильных цехов таких предприятий на плановый период задается определенный фиксированный объем выхода продукции. Оптимизационная модель в этом случае должна сформировать такой план раскря пиловочного сырья, который обеспечит выполнение производственной программы лесопильного цеха с минимальными затратами (в натуральном или стоимостном выражении).

На предприятиях, специализирующихся на производстве лесопильных материалов, целесообразно использовать оптимизационные модели с функциями максимизации целевого показателя. При этом в рыночной среде модели со стоимостной целевой функцией являются более подходящими в качестве инструмента управления.

---

### **Оптимизация плана раскря сырья на основе моделей линейного программирования**

---

Рассмотрим практически ориентированную модель оптимизации раскря пиловочного сырья на примере одного из предприятий лесопильной отрасли Закарпатской области.

Предприятие осуществляет раскрой пиловочного сырья на заказ. Сырье после раскря в сыром виде сразу отгружается покупателям. После накопления определенного остатка пиловочного сырья на складе осуществляется оптимизационный расчет его раскря. Те объемы сырья, которые не попали в оптимизированный план, переносятся в остаток следующего планового периода. Необходимо отметить, что особенностью лесопильной отрасли является ограниченность срока хранения пиловочного сырья на складе: в летний период – до 5-7 дней, в зимний – 3-4 недели. Т.е. сырье, у которого заканчивается срок хранения, должно быть включено в оптимальный план раскря.

Приведем основные предположения, которые лежат в основе модели:

- 1) На ленточнопильном оборудовании раскраивается пиловочное сырье с его первичными размерными параметрами;

- 2) Оптимизационная модель касается одного периода (статическая модель);
- 3) Модель предполагает, что весь выход из поставка (в том числе отходы) реализуются на рынке;
- 4) Для отходов существует рынок сбыта без ограничений объема реализации;
- 5) В модели за каждой технологической операцией закреплены отдельные производственные мощности;
- 6) Отсутствует возможность введения дополнительной смены и возможность варьирования скорости выполнения технологических операций.

Исходя из приведенных выше предположений, мы предлагаем следующую модель целочисленного линейного программирования для оптимизации плана раскроя (с целевой функцией максимизации маржинальной прибыли).

$$\text{Целевая функция: } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \max ;$$

$$\text{Ограничения объемов производства: } U_k \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m v_{ijk} \cdot x_{ij} \leq O_k, k = 1, 2, \dots, s ;$$

$$\text{Ограничения мощностей производства: } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ijk} \cdot x_{ij} \leq P_k, k = 1, 2, \dots, r ;$$

$$\text{Ограничение, учитывающие лимитированность срока хранения сырья: } \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq R_i, i = 1, 2, \dots, n ;$$

$$\text{Ограничение складских запасов: } \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq T_i, i = 1, 2, \dots, n ;$$

$$\text{Условие неотрицательности: } x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m ;$$

$$\text{Условие целочисленности: } x_{ij} - \text{целое.}$$

Здесь  $Z$  – маржинальная прибыль на плановый период (не включает материальные затраты);  $x_{ij}$  – количество бревен  $i$ -го диаметра, раскроенных  $j$ -м поставом в плановом периоде;  $d_{ij}$  – плановая маржинальная прибыль, генерируемая в результате раскроя бревна  $i$ -го диаметра  $j$ -м поставом;  $v_{ijk}$  – нормативный объем выхода  $k$ -го спецификационного вида продукции, при производстве последней из бревна  $i$ -го диаметра  $j$ -м поставом;  $U_k, O_k$  – нижняя и верхняя границы объема производства  $k$ -го спецификационного вида продукции;  $P_k$  – имеющиеся в течение планового периода мощности для выполнения  $k$ -й технологической операции;  $R_i$  – минимальное количество бревен  $i$ -го диаметра, которое должно быть раскроено в плановом периоде;  $T_i$  – количество бревен  $i$ -го диаметра, которые есть на бирже сырья предприятия на момент оптимизационного расчета;  $p_{ijk}$  – коэффициент использования мощностей по  $k$ -й технологической операции в случае раскроя бревна  $i$ -го диаметра  $j$ -м поставом.

Если предприятие формирует план раскроя и производственной программы исходя из более широкого контекста, т.е. при наличии информации о предложении пиловочного сырья на плановый период, то материальные затраты становятся также релевантными: решение о приобретении пиловочного сырья принимается синхронно с решением по раскрою пиловочного сырья в одной оптимизационной модели.

Сама модель оптимизации останется без изменений, только величины  $T_i$  и  $R_i$  будут интерпретироваться как максимальное и минимальное количество бревен  $i$ -го диаметра, которые будут приобретены для выполнения программы раскроя планового периода.

### **Заключение**

---

В данной статье была исследована задача оптимизации плана раскрытия пиловочного сырья для предприятий лесопильной отрасли исходя из стоимостного целевого критерия маржинальной прибыли. В статье показано, что в широком контексте планирования (ситуация наличия информации об альтернативных возможностях приобретения пиловочного сырья) оптимизационная модель в целевой функции должна учитывать кроме маржинальных конверсионных затрат также и материальные затраты на приобретение леса, и затраты на внешнюю логистику, а в узком контексте (ситуация наличия только информации о пиловочном сырье на складе) – последние две статьи расходов не включаются в целевую функцию. Дальнейшим направлением совершенствования данной модели может быть учет фактора количества смен в плановом периоде, возможности интенсификации некоторых технологических операций, возможность интеграции в модель динамических элементов в форме нескольких плановых периодов, сроков выполнения заказов, что позволит еще в большей степени повысить практическую ценность модели.

---

### **Благодарности**

---

Работа опубликована при финансовой поддержке проекта ITHEA XXI Института информационных теорий и приложений FOI ITHEA Болгария [www.ithea.org](http://www.ithea.org) и Ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем ADUIS Украина [www.aduis.com.ua](http://www.aduis.com.ua).

Авторы выражают благодарность проф. Волошину А.Ф. за консультации при подготовке статьи.

---

### **Библиография**

---

- [Bungenstock, 1995] Bungenstock, Christian: Entscheidungsorientierte Kostenrechnungssysteme: eine entwicklungsgeschichtliche Analyse. Mit einem Geleitwort von Jürgen Weber. – Wiesbaden: Dt. Univ. – Vlg. Wiesbaden: Gabler, 1995.
- [Kilger, 1992] Kilger, Wolfgang: Einführung in die Kostenrechnung. – Wiesbaden: Gabler, 1992. – 482 p.
- [Schweitzer, 1998] Marcel Schweitzer, Hans-Ulrich Küpper Systeme der Kosten und Erlösrechnung. 7. überarbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Franz Vahlen München. 1998. – 787 p.
- [Männel, 1992] Wolfgang Männel. Handbuch Kostenrechnung. – Wiesbaden: Gabler, 1992. – 1532 p.
- 

### **Сведения об авторах**

---

**Шулла Роман Степанович** – преподаватель кафедры учета и аудита экономического факультета Ужгородского национального университета; Украина, г. Ужгород, ул. Подгорная, 46; e-mail: [schulla@mail.ru](mailto:schulla@mail.ru).

**Повидайчик Михаил Михайлович** – доцент кафедры кибернетики и прикладной математики математического факультета Ужгородского национального университета, кандидат экономических наук; Украина, г. Ужгород, ул. Подгорная, 46; e-mail: [povidm@gmail.com](mailto:povidm@gmail.com).