



КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 630*36.004:518.5

Л.В. Щеголева

ПРОЦЕСС ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ БИОМАССЫ ДЕРЕВА

Предложена постановка и математическая модель задачи оптимизации материальных потоков в сквозных технологических процессах лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с учетом вовлечения вторичных ресурсов.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, оптимизационные математические модели, вторичные ресурсы.

Стратегической целью развития всех отраслей лесной промышленности в условиях рыночной экономики становится получение максимального экономического эффекта от использования имеющегося запаса древесины [1, 3], что, в свою очередь, предполагает переработку всей биомассы дерева.

Основная задача настоящей статьи – разработка математической модели для выбора наиболее эффективной схемы технологических процессов и объемов материальных потоков (лесоматериалы, щепа, целлюлоза и т. д.) от одних производств к другим с учетом вторичных ресурсов древесного сырья. Под вторичными ресурсами будем понимать остающиеся на местах проведения лесозаготовительных работ и пригодные для промышленного использования ресурсы, а также отходы производства и потребления, которые образуются на предприятиях и могут быть использованы в других технологических процессах в качестве сырья [2].

Рассмотрим заготовку круглых лесоматериалов. При проведении лесосечных работ получают бревна и отходы (сучья, ветки, обломки стволов, корни и т. д.). Часть отходов может быть использована в качестве вторичных ресурсов, остальное относится к безвозвратным потерям. Круглые лесоматериалы разделяют по породам, сортам, толщине и длине. Различные варианты этих характеристик называют сортаментами. Объем выхода лесоматериалов каждого вида, а также вторичных ресурсов определяется размером участка заготовки, объемом расчетной лесосеки и технологией рубки.

Сортаменты и вторичные ресурсы могут быть реализованы для последующей переработки (лесопиление, производство щепы, древесных плит, целлюлозы, спирта и т. д.), за пределы региона (в том числе, и за границу), для потребления в том виде, в котором были заготовлены, использованы в качестве топлива.

Введем следующие обозначения:

K – множество видов лесоматериалов и вторичных ресурсов; назовем лесоматериалы и вторичные ресурсы продукцией как результат производства;

N – множество производств по переработке и обработке лесоматериалов и вторичных ресурсов;

N' – множество потребителей лесоматериалов, вторичных ресурсов, продукция которых не участвует в дальнейшей технологической цепочке;

N'' – множество различных участков заготовки;

x_{ijk} – объем потока продукции вида k от производства с номером i к производству с номером j , $k \in K$, $i \in N''$, $j \in N \cup N'$;

w_{ik} – объем выхода лесоматериалов или вторичных ресурсов вида k на участке заготовки с номером i , $k \in K$, $i \in N''$;

s_i – затраты на заготовку 1 м^3 на участке i ;

p_{ijk} – стоимость реализации 1 м^3 лесоматериалов или вторичных ресурсов вида k , заготовленных на участке i , производству или потребителю с номером j , $k \in K$, $i \in N''$, $j \in N \cup N'$; стоимость для одного вида лесоматериалов, заготавливаемых на одном участке, будет одинаковой в пределах одного класса потребителей (в качестве различных классов потребителей можно выделить: обработку лесоматериалов; переработку лесоматериалов и вторичных ресурсов; покупателей продукции, находящихся за пределами региона; предприятия, использующие продукцию в качестве топлива).

Тогда имеем:

$\sum_{i \in N''} \sum_{k \in K} \sum_{j \in N \cup N'} p_{ijk} x_{ijk}$ – доход от производства лесоматериалов и вторичных ресурсов;

$\sum_{i \in N''} \sum_{k \in K} s_i w_{ik}$ – затраты на производство лесоматериалов и вторичных ресурсов.

Ограничения:

1. Все, что будет реализовано для переработки, обработки и потребления, должно равняться объему производства для каждого участка заготовки и каждого вида лесоматериалов и вторичных ресурсов (это означает также полное освоение расчетной лесосеки):

$$\sum_{j \in N \cup N'} x_{ijk} = w_{ik}.$$

2. Если на участке используют различные технологии рубок, то каждую из них можно выделить в отдельное производство со своим объемом расчетной лесосеки.

Рассмотрим *лесопиление*. Сырьем для лесопиления являются круглые лесоматериалы определенной породы, сорта и крупности. На выходе получают пиломатериалы разных видов (брус, доска и т. д.) и вторичные ресурсы (опилки, горбыль, рейки, кора и т. д.).

Пиломатериалы и вторичные ресурсы могут быть реализованы для последующей переработки на технологическую щепу, целлюлозу, мебель и т. д., а также для потребления внутри и за пределами региона.

Лесопильное производство включает следующие основные операции: окорка, распиловка, торцевание, сушка и др. Для каждой из этих операций можно определить номенклатуру сырья и получаемых в результате производства продукции и вторичных ресурсов. Операции можно разделить в пространстве и времени. Например, сушку выполняют на территории лесопильного производства, домостроительного предприятия или мебельной фабрики.

Рассмотрим *производство целлюлозы*. Сырьем для этого являются круглые лесоматериалы определенной породы, сорта и варианта крупности, а также технологическая щепка или древесная масса. На выходе получают целлюлозу.

Она может быть реализована для последующей переработки на бумагу, картон, мешки и т. д., а также для потребления внутри и за пределами региона.

Производство целлюлозы можно разделить на несколько последовательных операций, включающих рубку щепы (или производство древесной массы), ее варку и т. д. Щепу заготавливают на территории нижнего склада, лесопильного предприятия, целлюлозного комбината.

Рассмотрим *производство древесностружечных плит*. Сырьем для него являются круглые лесоматериалы определенной породы, сорта и варианта крупности, стружка, измельченные древесные частицы. На выходе получают плиты разных размеров.

Плиты могут быть реализованы для последующей переработки на мебель и т. д.; для потребления внутри и за пределами региона.

Изготовление древесностружечных плит можно разделить на несколько последовательных операций: измельчение древесного сырья, прессование и т. д. Эти операции можно выполнять на лесосеке, нижнем складе, лесопильном предприятии или предприятии по производству плит.

Аналогично можно рассмотреть и другие производства (производство фанеры, бумаги, спирта, смолокурение, дегтекурение и т. д.).

Для каждого из них выделяют следующие ограничения:

1. Объемы производства определяются портфелем заказов на каждый вид продукции. Все заказы должны быть выполнены, однако продукции может быть произведено и больше, чем определено заказами (например, по технологическим причинам).

2. Ограничение баланса между сырьем и готовой продукцией:

в качестве сырья могут выступать несколько видов продукции, которые полностью взаимозаменяемы; все сырье, поступившее в производство, будет преобразовано в продукцию некоторого вида, которая будет транспортирована на другие производства;

в условиях взаимозаменяемости видов сырья могут быть наложены ограничения на пропорции потребления сырья каждого вида.

Рассмотрим *потребителей* лесоматериалов и других видов продукции. В качестве потребителей могут выступать покупатели продукции, расположенные за пределами региона. В качестве места их расположения выбирают пункты пересечения дорог, по которым осуществляют перевозку продукции, с границей региона.

Кроме того, в качестве потребителей могут выступать предприятия, использующие вторичные ресурсы – как топливо, а также места утилизации отходов, не ставших вторичными ресурсами. Последние можно обозначить как одно производство, расстояние до которого от другого производства в некоторых случаях равно нулю, стоимость реализации этому производству тоже равна нулю.

Таким образом, входящие в лесопромышленный комплекс производства можно отнести к одному из трех типов: производства без использования сырья, получаемого в результате деятельности других производств, – начальные; производства без выхода продукции – конечные; остальные – внутренние.

Все производства связаны между собой потоками продукции разных видов, образуя схему технологических процессов, характеризующуюся объемами потоков продукции и зависящими от них финансовыми показателями.

Построим математическую модель такой системы и введем обозначения:

N – множество внутренних производств;

N' – множество конечных производств;

N'' – множество начальных производств;

K – множество всех видов продукции, которая может выступать и в качестве сырья, и в качестве выхода;

K'_j – множество видов продукции, являющейся сырьем для производства с номером j , $K'_j \subseteq K$, $j \in N \cup N'$;

K''_j – множество видов продукции, выпускаемой производством с номером j , $K''_j \subseteq K$, $j \in N \cup N''$;

w_{ik} – объем выхода лесоматериалов или образующихся вторичных ресурсов вида k на участке заготовки с номером i , $i \in N''$, $k \in K''_i$;

v_{jk} – объем выпуска продукции вида k на производстве с номером j , определяемый портфелем заказов, $j \in N$, $k \in K''_j$;

b_{jk} – коэффициент выхода продукции вида k в производстве с номером j , $j \in N$, $k \in K''_j$;

a_{jk} – коэффициент пропорциональности потребления сырья вида k для производства с номером j , $0 < a_{jk} < 1$, $j \in N$, $k \in K'_j$;

s_{ik} – затраты на выпуск 1 м^3 продукции вида k на производстве с номером i ;

p_{ijk} – стоимость реализации 1 м^3 произведенной на производстве с номером i продукции вида k , транспортируемой на производство с номером j .

Управляемыми факторами задачи будут объемы потоков продукции между производствами:

x_{ijk} – объем продукции вида k , передаваемый от производства с номером i производству с номером j , где $i \in N \cup N''$, $j \in N \cup N'$, $k \in K''_i \cap K'_j$.

Рассмотрим ограничения модели.

1. Объем вывезенной с начального производства с номером i продукции с номером k должен быть равен заданной величине w_{ik} :

$$\sum_{j \in N \cup N'} x_{ijk} = w_{ik}, \quad i \in N'', \quad k \in K''_i.$$

2. Объем вывезенной с внутреннего производства с номером j продукции с номером k должен превышать заданную величину v_{jk} :

$$\sum_{h \in N \cup N'} x_{jkh} \geq v_{jk}, \quad j \in N, \quad k \in K''_j.$$

3. Объем полученной (приобретенной) в качестве сырья для внутреннего производства с номером j взаимозаменяемой продукции, умноженный на коэффициент выхода продукции, должен быть равен объему вывезенной продукции с номером k :

$$b_{jk} \sum_{i \in N \cup N''} \sum_{f \in K'_j} x_{ijf} = \sum_{h \in N \cup N'} x_{jkh}, \quad j \in N, \quad k \in K''_j.$$

4. Объемы привезенной взаимозаменяемой продукции для внутреннего производства должны находиться в некоторой пропорции по отношению друг к другу:

$$\sum_{i \in N \cup N''} \sum_{k \in K'_j} x_{ijk} = a_{jk} \sum_{h \in N \cup N''} \sum_{f \in K'_j} x_{hif}; \quad j \in N, \quad k \in K'_j.$$

В качестве критерия оптимальности можно выбрать минимизацию затрат, связанных только с транспортировкой продукции, и затрат на производство и транспортировку продукции; максимизацию прибыли и минимума из прибыли всех производств.

Рассмотрим критерий, заключающийся в максимизации прибыли:

$$\sum_{i \in N \cup N''} \sum_{k \in K} \sum_{j \in N \cup N'} p_{ijk} x_{ijk} - \sum_{i \in N \cup N''} \sum_{k \in K} \sum_{j \in N \cup N'} s_{ik} x_{ijk} \rightarrow \max,$$

где $\sum_{k \in K} \sum_{j \in N \cup N'} p_{ijk} x_{ijk}$ – доход, полученный от реализации продукции, выпущен-

ной на производстве с номером i , $i \in N \cup N''$;

$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N \cup N'} s_{ik} x_{ijk}$ – затраты на выпуск продукции на производстве с номером

i , $i \in N \cup N''$.

Построенная модель позволяет получить в результате решения оптимизационной задачи наиболее оптимальную с точки зрения выбранного критерия схему технологических процессов, включающую заготовку, обработку, переработку и потребление лесоматериалов и вторичных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петров, А.П.* Экономика комплексного использования древесины [Текст] / А.П. Петров, Т.С. Лобовиков. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 168 с.
2. *Шегельман, И.Р.* Лесная промышленность и лесное хозяйство: словарь [Текст] / И.Р. Шегельман. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. – 176 с.
3. *Шегельман, И.Р.* Региональная стратегия развития лесопромышленного комплекса [Текст] / И.Р. Шегельман, Ю.И. Пономарев. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. – 160 с.

Петрозаводский государственный университет

Поступила 22.09.05

L.V. Shchegoleva

Production Process with Use of Secondary Resources of Tree Biomass

Problem definition and mathematical model for optimization of material flows in straight-through technological processes of forest-harvesting, woodworking and pulp-and-paper industry are proposed taking into account the involvement of secondary resources into the production.