

## Методика формирования технологических цепочек, включающих производство щепы энергетического назначения

Л. В. Щеголева<sup>1</sup>

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

В статье предложена методика формирования технологических цепочек, увязывающих подпроцессы заготовки, поставки и переработки топливной древесины и биомассы отходов лесозаготовок в качестве вторичных ресурсов для предприятий теплоэнергетики.

**Ключевые слова:** *лесопромышленный комплекс, оптимизационные математические модели, щепы энергетического назначения, мобильные машины.*

### SUMMARY

In this paper the method of formation of technological chains, linking sub-processes of preparation, delivery and processing of fuel wood and a biomass of waste of timber cuttings as secondary resources for the enterprises of power system is offered.

**Keywords:** *wood industry, mathematical model of optimization, power chips, mobile machines.*

Вовлечение в переработку дровяной древесины и отходов лесозаготовок требует формирования специальных технологических цепочек, включающих как производство деловой древесины, так и древесины энергетического назначения. Такие технологические цепочки будут иметь разветвляющийся характер и включать операции по сбору, доставке, измельчению древесных отходов и топливной древесины с последующим ее использованием в энергетических целях.

Приведем пример одной из возможных технологических цепочек, построенной на основе рекомендаций [1]. На делянке производится валка деревьев с помощью валочно-пакетирующей машины. Сваленные деревья трелюются на верхний склад с помощью трелевочной машины и укладываются в два штабеля: деловая и дровяная древесина. Обрезка сучьев и раскряжевка древесины осуществляется сучкорезно-раскряжевочной машиной на верхнем складе. Сортименты деловой древесины вывозятся потребителю. Сортименты дровяной древесины и отходы после раскряжевки деловой древесины с верхнего склада вывозятся к котельной автопоездом и складываются в штабеля. Сортименты дровяной древесины и отходы после раскряжевки деловой древесины измельчаются

в щепу передвижной рубильной машиной. Щепы с рубильной машины складываются в кучи (рис. 1).

Задача, увязывающая процессы заготовки биомассы дерева на лесосеке и ее транспортировки до мест производства топливной щепы на предприятиях теплоэнергетики, включает три этапа (рис. 2).

На первом этапе необходимо определить поставщиков дровяной древесины и потребителей топливной щепы. Первый этап заключается в построении баланса производства древесины топливного назначения (дров и отходов лесозаготовок) лесозаготовительными предприятиями и потребления древесины топливного назначения (дров и отходов лесозаготовок, порубленных на топливную щепу) объектами коммунального хозяйства (котельными). В качестве модели для решения этой задачи можно использовать транспортную задачу.

В результате решения оптимизационной задачи определяются территориальные группы, включающие лесные участки и котельные. Общий объем образования топливной древесины на лесных участках одной территориальной группы должен быть достаточным для обеспечения всех котельных, входящих в эту территориальную группу, необходимым количеством топлива. Кроме этого, определяются объемы поставки топливной древесины с каждого участка в каждую котельную.

На втором этапе отдельно для каждой территориальной группы решается задача формирования комплекта передвижных рубильных машин, обслуживающих территориальную группу. В результате решения оптимизационной задачи строится график перемещений мобильных машин между котельными. Подробное описание постановки и решения задачи можно найти в [2].

После того, как определены моменты прибытия передвижной рубильной машины в каждую котельную, на основе этих данных решается задача построения графика поставки сырья с участков лесозаготовки на склады котельных.

Для решения этой задачи была построена следующая математическая модель. Пусть  $n$  – количество участков заготовки дров,  $m$  – количество котельных. Постановка задачи предполагает, что для каждого участка  $i$  известна средняя скорость образования дров на участке –  $A_i$  (куб. м/день), а также начало и окончание периода заготовки на этом участке –  $T1_i$  и  $T2_i$ . Тогда в качестве начала периода планирования следует взять самое раннее значение  $T1_i$ , которое обозначить за единицу и пересчитать все значения  $T1_i$  и  $T2_i$  в соответствии с новой точкой отсчета, тогда  $T1_i$  и  $T2_i$  будут обозначать номер дня от начала периода планирования. Для каждой котельной известны объем дров, необходимый для бесперебойной работы котельной  $j$  в течение периода планирования, –  $W_j$  (куб. м) и время прибытия рубильной машины в котельную  $j$  –  $T_j$  (номер дня от начала периода плани-

<sup>1</sup> Автор – доцент кафедры прикладной математики и кибернетики.

рования). Необходимо построить график доставки дров в котельные с минимальными транспортными

затратами, пусть  $C_{ij}$  – стоимость доставки дров от участка  $i$  до котельной  $j$  (руб. / куб. м).

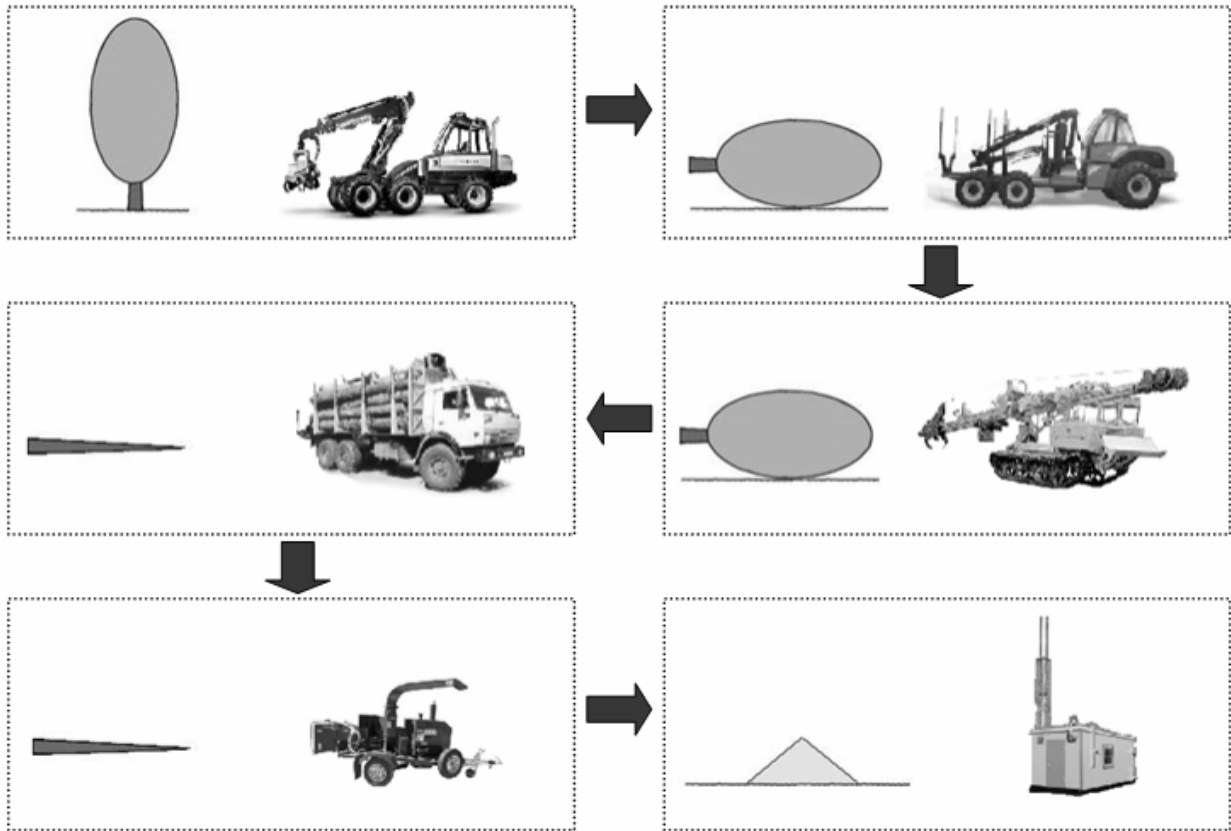


Рис. 1. Схема технологической цепочки

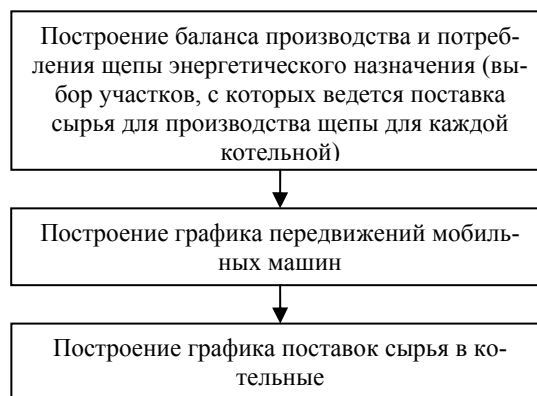


Рис. 2. Этапы построения технологических цепочек для производства щепы энергетического назначения

Переменными в модели задачи являются:  $X_{ij}$  – объем дров, поставляемый с участка  $i$  в котельную  $j$ .

Целевая функция модели задачи минимизирует затраты на перевозку:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min .$$

Ограничения описывают следующее:

– полное обеспечение каждой котельной необходимым запасом дров до прибытия рубильной машины в котельную:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq W_j, \quad j = \overline{1, m};$$

– объемы вывозки дров с каждого участка заготовки не должны превосходить объемы образования дров в каждый момент времени (в качестве ключевых моментов времени следует рассматривать время прибытия рубильных машин в котельные):

$$\sum_{T1_i < T_j \leq t} X_{ij} \leq A_i \cdot (t - T1_i), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $t \in \{T_j \mid T1_i < T_j \leq T2_i\}_{j=\overline{1, m}}$ ;

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq A_i \cdot (T2_i - T1_i), \quad i = \overline{1, n};$$

$$X_{ij} = 0 \quad \text{для } T_j \leq T1_i, \quad i = \overline{1, n};$$

– неотрицательность всех переменных:

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Для ненулевых оптимальных значений переменных порядок доставки дров в котельные следует определить в соответствии с возрастанием моментов времени  $T_j$ .

На основе разработанных моделей оптимизационных задач были определены рациональные режимы функционирования передвижных рубильных машин ГУ РК «Лестопром», обслуживающих котельные ЖКХ Карелии, работающие на щепе энергетического назначения.

Методика может быть применена при формировании технологических цепочек, увязывающих крупные лесопромышленные предприятия и предприятия малого бизнеса и включающих обслуживание их мобильными машинами. Например, в случае организации работы нескольких передвижных пилорам, обслуживающих несколько небольших частных предприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочегаров В. Г. Технология и машины лесосечных работ / В. Г. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. М.: Лесная промышленность, 1990. 390 с.
2. Полежаев К. В. Задача оптимизации функционирования передвижной рубильной машины для производства щепы в топливно-энергетическом комплексе Республики Карелия / К. В. Полежаев, Л. В. Щеголева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: СПбГЛТА, 2006. Вып. 178. С. 120–125.