

**Доставка древесного топлива к энергетическим установкам**

Вавилов А.В., Соколовский Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с подорожанием традиционных видов топлива в Республике Беларусь ведется поиск альтернативных источников энергии. Из-за низкой обеспеченности собственными энергоносителями (на уровне 15 процентов от общей потребности) вопрос энергетической безопасности является одним из важнейших для нашей страны. В республике разработана Целевая программа по обеспечению не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива. Согласно данной программе в ближайшей перспективе основными собственными энергоносителями будут древесное топливо и торф. Следует отметить, что древесными ресурсами обладают все области Республики Беларусь. Ресурсы топливного древесного потенциала представлены древесиной заготавливаемой в порядке: главного пользования лесов, рубок ухода за лесом, санитарных рубок, прочих рубок. Кроме того, в качестве древесного топлива рассматриваются отходы лесопиления и деревообработки, но как показывает практика, древесные отходы образуются и в строительном комплексе при расчистке строительных площадок, полосы отвода дороги, линий электропередач, мелиоративных каналов от древесно-кустарниковой растительности, строительстве новых объектов, а так же древесные отходы составляют около 55 тысяч тонн ежегодно в коммунальных отходах. Возникает вопрос об их использовании в качестве топлива.

В процессе использования древесных отходов в качестве топлива они проходят несколько этапов: сбор (заготовка), транспортировка, хранение, сжигание в энергетических установках. При заготовке древесного на лесосеке, при очистке от древесно-кустарниковой полосы отвода дороги, строительных площадок, линий электропередач, мелиоративных каналов и т.д. необходимо образовавшиеся древесные отходы переработать на топливную щепу для их сжигания в энергетических установках. Переработка на щепу маломерных

деревьев, веток, сучьев, имеющих коэффициент полндревесности 0,12, позволяет значительно увеличить эффективность доставки и хранения (коэффициент полндревесности щепы 0,36), так как уменьшается количество необходимых транспортных средств и площадь помещения склада для хранения древесного топлива.

Вопрос эффективной доставки древесных отходов является одним из наиболее важных мест в цепочке получения и использования древесинных отходов в качестве топлива. Как показывает практика, значительную часть в средствах затрачиваемых на древесное топливо занимает транспортно-заготовительная составляющая, из чего следует рациональность расположения энергетических установок вблизи топливно-сырьевых баз, а также невысокая производительность каждого из объектов работающих на древесине. Создание мини-ТЭЦ небольшой мощности в большинстве случаев отвечает данным требованиям, но возникает необходимость доставки древесного топлива от нескольких его производителей в районе, для эффективного топливообеспечения энергетической установки. Необходимо решить задачу оптимизации поставки древесного топлива к энергетической установке (или нескольким установкам). Поскольку решается задача обеспечения конкурентоспособности древесных отходов с традиционными видами топлива, то в качестве критерия оптимизации следует принимать минимальные приведенные затраты на покупку и доставку древесного топлива. В качестве дополнительного критерия может использоваться производительность транспортного средства за единицу времени, так как ежедневно необходимо обеспечить доставку определенного количества древесного топлива.

В данном случае мы имеем дело с транспортной задачей, рассматриваемой в курсе линейного программирования. В ходе решения данной задачи рассматриваются объекты, на которых происходит образование древесных отходов  $O_1, O_2, O_3, \dots, O_m$ , на каждом из которых образуются соответственно  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$  м<sup>3</sup> древесных отходов, которые доставляются к энергетическим установкам  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \dots, \mathcal{E}_n$  с объемами потребления соответственно  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  м<sup>3</sup>. Если обозначить через  $x_{ij}$  объем древесины перевозимый с  $i$ -ого объекта до  $j$ -ой

энергоустановки, а стоимость доставки древесного топлива с  $i$ -ого объекта до  $j$ -ой энергоустановки через  $c_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ) суммарная стоимость перевозки древесины составит:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}. \quad (1)$$

При этом должны выполняться условия:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j. \quad (4)$$

В данном случае математическая модель представляет собой нахождение минимума линейной функции (1) при линейных ограничениях (2-4).

Модель данной транспортной задачи чаще всего является открытой, т.е. ограничение (4) принимает вид неравенства, и часть древесных отходов у поставщиков остается невостребованной. Их предлагается свозить на резервный склад. Следует отметить, что одним из важнейших вопросов при обеспечении энергетических установок древесным топливом является вопрос долговременной сырьевой топливной базы. Поэтому достижение минимума линейной функции (1) при одних лишь ограничениях (2-4) не всегда является лучшим вариантом. Так, например, часть поставщиков древесных отходов может со временем исчезнуть (вследствие повышения цены на древесину и т.д.), поэтому в ряде случаев следует отдавать предпочтение наиболее стабильным поставщикам. Следовательно, для обеспечения лучшего варианта следует в качестве дополнительного принимать условие, по которому древесные отходы наиболее стабильных поставщиков потребляются полностью.

Важным вопросом является создание резервных складов. Например, обоснование вместимости склада под древесное топливо, с учетом сезонной неравномерности работы мини-ТЭЦ.

Решение данной задачи может быть достигнуто методом динамического программирования, суть которого заключается в том, что оптимальное решение строится постепенно, шаг за шагом. На каждом шаге оптимизируется решение только этого шага, но решение выбирается с учетом последствий, так как решение, оптимальное для этого шага, может привести к неоптимальному решению всей задачи, т.е. оптимальное решение задачи содержит оптимальные решения ее подзадач. Для решения этой задачи годовой период работы резервного склада подразделяется на несколько этапов: зимний и летний периоды (характеризующиеся наиболее интенсивной вывозкой), весенний и осенний периоды. Оптимальным будет вариант, при котором суммарные издержки на создание запасов будут минимальны.

При организации топливообеспечения мини-ТЭЦ немаловажным вопросом может стать управление запасами древесного топлива, которое позволит определять оптимальные величины запасов, моменты времени их создания и пополнения, периоды хранения и уменьшения, а также рассчитывать затраты на все указанные операции. Решение указанной задачи может существенно снизить затраты на заготовку и хранение древесного топлива и обеспечить его стабильное поступление к энергетической установке.

### **Литература**

1. Целевая программа обеспечения в республике не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года.
2. А.В. Вавилов, Г.И. Жихар, Л.П. Падалко и др. Малая энергетика на биотопливе. - Мн.: УП «Технопринт», 2002. – 248 с.
3. В.В. Игнатенко, И.В. Турлай, А.С. Федоренчик. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок. – Мн.: БГТУ, 2004. – 180 с.
4. И.Л. Акулич Математическое программирование в примерах и задачах. - М.: Высшая школа, 1986. - 319 с.