Использование метода линейного программирования при повышении эффективности производства пеллет из отходов древесины

ЕРШОВ Сергей Викторович
Кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
163002, РФ, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17
Тел.: (8182) 21-89-92
E-mail: svershov@gmail.com

Sergey V. YERSHOV
Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of Management Dept.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
163002, RF, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Emb., 17
Phone: (8182) 21-89-92
E-mail: svershov@gmail.com

Ключевые слова
ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ
ТРАДИЦИОННОЕ ТОПЛИВО
ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО
ЗАТРАТЫ НА ДОСТАВКУ

Keywords
PELLETS
TRADITIONAL FUEL
PRODUCTION COSTS
DELIVERY COSTS

Аннотация

Показана возможность использования методов линейного программирования для принятия решения о местах и объемах производства топливных гранул из отходов лесопиления. Использована модернизированная транспортная задача. Приведен пример.

Abstract

The possibility of using linear programming methods to decide on the areas and production volumes of fuel pellets from sawmill waste is examined. Upgraded transport task is used. The author provides an example.

JEL classification
Q21, Q42

Мировая тенденция энергосбережения и повышения экологической безопасности производства приводит к все более широкому использованию альтернативных видов топлива. С позиции экологии предпочтение отдают возобновляемым источникам энергии. К таким источникам относят постоянно происходящие в природе процессы, в том числе биологические. Появляются новые предложения использования биотоплива в виде топливных гранул – пеллет. Машиностроение предлагает большое количество оборудования и мини-заводов для переработки органических отходов, таких как отходы переработки сельскохозяйственной продукции, отходы лесопиления и деревообработки, в топливные гранулы [6; 7]. Особенно много неиспользуемых отходов в лесопилении, это 12–14% опилок от объема сырья. Любой, кто хоть раз посещал лесопильное предприятие, обращал внимание на горы накопленных опилок. Казалось бы, это очень эффективное решение – производить топливо из опилок. Однако на практике не все так гладко, не все заводы по производству пеллет работают с запланированной рентабельностью, а некоторые, как, например, завод норвежской компании Mjosen Skog, останавливают производство биотоплива, ввиду прекращения государственных субсидий[1]. В России также построено несколько заводов по производству пеллет [5], но и они сталкиваются с различными трудностями, одни – в виде нехватки сырья, другие – в виде недостаточного спроса на их продукцию. Причем, как показано в работе [4], для малой энергетики использование пеллет тоже не самый дешевый вариант.

Попробуем рассмотреть наиболее важные аспекты, влияющие на эффективность производства и использования пеллет из отходов лесопиления. С позиции производителя такое производство должно приносить прибыль, т.е. доход от продажи пеллет должен превышать издержки их производства и доставки потребителю. С точки зрения потребителя, использование пеллет должно быть экономически целесообразно, другими словами, затраты на приобретение пеллет должны быть меньше затрат на приобретение заменяющего их количества традиционного топлива. Таким образом, эффективность производства пеллет из отходов лесопиления будет зависеть не только от издержек производства и цены на рынке, но и от расположения самого производства, расположения рынков сбыта и цены на традиционные виды топлива, заменяемого пеллетами. Для планирования производства пеллет одним производителем недостаточно расчета эффективности одного только этого производства, поскольку другие аналогичные производства могут претендовать на те же источники сырья (опилки) и рынки сбыта. Возникший дисбаланс приведет к снижению рентабельности. Для максимальной рентабельности производства пеллет из отходов лесопиления необходимо рассмотреть некоторую территорию, например регион, где имеется некоторое количество крупных лесопильных производств и некоторое количество крупных потенциальных потребителей, в число которых можно включить и импортеров [1].

Рассмотрим следующую ситуацию. В разных местах региона имеется (постоянно образуется) определенное количество древесных отходов. Обозначим эти пункты $i = 1, \ldots, n$. В этих пунктах можно создать производство пеллет с производственной мощностью Q_i и себестоимостью производства одной тонны C_i.

На производимые пеллеты имеется потенциальный спрос (технологически возможно заменить традиционно используемое топливо, такое как уголь, дрова, торф) в пунктах с номерами $j = 1, \ldots, m$. В каждом из этих пунктов имеется потребность в традиционном топливе S_j. Стоимость тонны традиционно используемого топлива P_j. Стоимость доставки 1 т пеллет из пункта i в пункт j равна r_{ij}. Если $r_{ij} = 0$, то это означает что место производства пеллет совпадает

[1] Портал Леспром www.lespron.com.

Источники

1. Ершов С.В. Анализ эффективности пеллетного производства // Лесная индустрия. 2014. № 3(71). С. 40–43.
2. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Оптимальные решения в экономике. М.: Наука, 1972.
3. Лунгу К.Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. Пиир А.Э., Мелехов В.И., Кунтыш В.Б. Выбор древесного топлива для малой энергетики // Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 1. С. 101–108.
5. Производство пеллет в России. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: http://gisee.ru/articles/bioenergy/24563/.
6. Технология гранулирования древесных отходов естественной влажности. URL: www.dozagran.com/ru/lines/wood/.
7. Экологические технологии России по производству и реализации твёрдого биотоплива. URL: www.ecoross.com/index.php?id=35.

References

1. Yershov S.V. Analiz effektivnosti pelletnogo proizvodstva [The efficiency analysis of pellet production]. *Lesnaya industriya – Forest Industry*, 2014, no. 3(71), pp. 40–43.
2. Kantorovich L.V., Gorstko A.B. *Optimal'nye resheniya v ekonomike* [Optimal solutions in economy]. Moscow, Nauka Publ., 1972.
3. Lungu K.N. *Lineynoe programmirovanie. Rukovodstvo k resheniyu zadach* [Linear programming]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2005.
4. Piir A.E., Melekhov V.I., Kuntysh V.B. Vybor drevesnogo topliva dlya maloy energetiki [Selecting wood fuel for small-scale power generation]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal – Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal*, 2014, no. 1, pp. 101–108.
5. Production of pellets in Russia. State information system in the field of energy conservation and energy efficiency. Available at: http://gisee.ru/articles/bioenergy/24563/.
6. Pelleting technology for wood waste of natural moisture. Available at: www.dozagran.com/ru/lines/wood/.
7. Environmental technology of Russia in the production and sale of solid biofuelsю Available at: www.ecoross.com/index.php?id=35.

Applying Linear Programming in Enhancing the Efficiency of Production of Pellets from Wood Waste

с местом их потребления. Затраты на производство и доставку пеллет в каждый из j пунктов потребления составят

$$\sum_{i=1}^{n}(q_{ij}C_i + q_{ij}r_{ij}), \tag{1}$$

где q_{ij} – объем поставок из пункта i в пункт j.

Стоимость потребленного традиционного топлива при частичном использовании пеллет в каждом из пунктов j составит

$$\left(S_j - k_j\sum_{i=1}^{n}q_{ij}\right)P_j, \tag{2}$$

где k_j – коэффициент перевода массы пеллет в соответствующую по теплоте сгорания массу традиционного топлива.

Тогда суммарная выгода от использования пеллет (народнохозяйственный эффект), которую следует максимизировать, будет равна

$$\sum_{j=1}^{m}\left\{P_jS_j - \left[\sum_{i=1}^{n}(q_{ij}C_i + q_{ij}r_{ij}) + \left(S_j - k_j\sum_{i=1}^{n}q_{ij}\right)P_j\right]\right\} \to \max.$$

После преобразований получим

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}[q_{ij}(k_jP_j - C_i - r_{ij})] \to \max \tag{3}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^{n}q_{ij} \le \frac{S_j}{k_j}; \quad \sum_{j=1}^{m}q_{ij} \le Q_i.$$

Доля бюджета в этом эффекте определена Налоговым кодексом, прибыль производителя и экономию потребителя определят рыночные отношения.

Ограничения означают, что на конкретном рынке нельзя продать больше, чем его емкость, а от конкретного предприятия нельзя получить больше, чем его производственная мощность.

Задача максимизации линейной функции при заданных ограничениях – это задача линейного программирования (ЗЛП). Решение такой задачи даст оптимальные объемы поставок, обеспечивающие максимальный народнохозяйственный эффект [2; 3]. Целевая функция (3) при ее максимизации не может оказаться отрицательной, так как «нулевое» решение $q_{ij} \equiv 0$ всегда гарантирует значение целевой функции равное нулю. В этом случае оптимальное решение – ничего не делать.

Решение такой ЗЛП может стать основой для рекомендаций по месту расположения и производственной мощности вновь создаваемых предприятий и цехов для производства пеллет из отходов лесопиления.

Рассмотрим пример. Имеется возможность построить четыре предприятия по производству пеллет (четыре крупных деревообрабатывающих производства, где постоянно образуются древесные отходы) и имеется шесть потребителей, для которых существует технологическая возможность замены традиционного топлива на пеллеты ($n = 4$ и $m = 6$). Параметры предприятий приведены в табл. 1. Параметры потребителей – в табл. 2. Известны транспортные расходы (табл. 3).

Производственная мощность предприятий выбрана исходя из объема образующихся в лесопильном производстве опилок. Решение ЗЛП при значении $k_j = 1{,}0$ при

Таблица 1 – Параметры предприятий по производству пеллет

Номер *i*	Производственная мощность Q_i, тыс. т	Себестоимость 1 т пеллет C_i, тыс. р.
1	80	1,700
2	80	1,900
3	100	1,700
4	120	2,000

Таблица 2 – Параметры потребителей пеллет

Номер *j*	Наибольший возможный объем потребления пеллет S_j, тыс. т	Цена 1 т традиционного топлива P_j, тыс. р.
1	90	2,100
2	70	1,900
3	100	2,200
4	80	2,300
5	90	2,000
6	80	2,150

Таблица 3 – Транспортные расходы

Номер потребителя *j*	Стоимость доставки 1 т пеллет из пункта *i*, тыс. р.			
	1	2	3	4
1	0,5	0,6	0,6	0
2	0,6	0	0,5	0,2
3	0,4	0,5	0,3	0,1
4	0,6	0,4	0,8	0,8
5	0	0,4	0,5	0,7
6	0,6	0,4	0	0,4

Таблица 4 – Решение задачи линейного программирования

Номер потребителя *j*	Объем поставок пеллет из пункта *i*, тыс. т				Всего получено, тыс. т	Эффект от использования пеллет, тыс. р.
	1	2	3	4		
1	0	0	0	90	90	9000
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	20	30	50	7000
4	0	0	0	0	0	0
5	80	0	0	0	80	24000
6	0	0	80	0	80	36000
Итого	80	0	100	120	300	76000

всех значениях *j* дает следующий результат (табл. 4).

Решение ЗЛП показывает, что строительство предприятия 2 нецелесообразно (приведет к снижению народнохозяйственного эффекта). На рынок 2 и рынок 4 (потребителям 2 и 4) поставлять пеллеты не следует, там они будут неконкурентоспособны. Наибольший эффект будет достигнут при поставках потребителю 6, несмотря на значительные транспортные расходы. Причина этого – высокая цена традиционного топлива и значительные потребности. На рынке 3 (потребитель 3) половина потребностей будет обеспечена традиционным топливом.

Из представленного примера видно, что на эффективность решения о создании производства пеллет, кроме параметров самого завода, существенное влияние оказывают и другие факторы, такие как цена на традиционное топливо, расположение самого производства, транспортные расходы, объемы производства и потребления. Коммерческая эффективность отдельных производств, конечно, будет различаться. Для ее определения необходима разработка бизнес-плана.

Таким образом, для принятия эффективного решения о создании производства пеллет из древесных отходов целесообразно использовать методы линейного программирования. Использование этого метода, заключающееся в максимизации народнохозяйственного эффекта, позволяет учесть интересы как потребителя, так и производителя пеллет. Решение задачи линейного программирования может заключаться в создании нескольких производств. Эффективность таких производств будет различаться и зависеть от конкретных условий. ■