

## ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА

**Васин А. А.,**

*(Московский Государственный Университет, Москва)*

**Лесик И. А.**

*(Тверской Государственный Университет, Тверь)*

Рассматривается задача планирования инвестиций в транспортную сеть на  $T$  лет вперед от текущего года. Оптимизируется транспортная структура оптового рынка, которая в каждый период (год)  $t$  задается пропускными способностями магистральных линий, связывающих узлы (производящие и потребляющие регионы).

Рассматривается рынок однородного энергоресурса, состоящий из несколько локальных рынков и сетевой системы передачи. Пусть  $N$  - множество узлов, соответствующих локальным рынкам, и  $L \subseteq N \times N$  - множество пар узлов, которые можно связать линиями (считается, что оптимальный маршрут для связи известен). Функция спроса  $D_i(p_i, t)$  и функция  $c_i(v, t)$  себестоимости производства объема  $v$  в узле  $i$  в период  $t$  характеризуют соответственно потребителей и производителей на рынке  $i$ . Функция спроса монотонно убывает по цене и связана с функцией полезности потребления в период  $t$ :

$U_i(q, t) = \int_0^q D_i^{-1}(v, t) dv$ , где  $q$  - количество потребленного товара. Функция  $c_i(v, t)$  монотонно возрастает и выпукла. Каждая линия передачи  $(i, j) \in L$  характеризуется начальной пропускной способностью  $Q_{ij}^0 \geq 0$ , затратами  $e_{ij}^{tr}$  на передачу единицы товара из  $i$  в  $j$ , функцией затрат на увеличение пропускной способности в период  $t$ , включающей постоянные затраты  $e_{ij}^f$  и переменные затраты  $e_{ij}^v(\Delta Q_{ij}(t))$ , а также дополнительные фиксированные затраты на первоначальное строительство линии

$E_{ij}^{f0}$ , если  $Q_{ij}^0 = Q_{ij}^{t-1} = 0$ . Обозначим  $q_{ij}(t)$  поток от рынка  $i$  к рынку  $j$ ,  $q_{ji}(t) = -q_{ij}(t)$ ,  $N(i)$  - множество узлов, связанных с узлом  $i$  (т.е.,  $(i, j) \in L$ ). При заданных потоках  $\vec{q}$  и объемах производства  $\vec{v}$  суммарное общественное благосостояние определяется по формуле:

$$(1) \quad W(\vec{q}, \vec{v}) = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^T d^t [U_i \left( t, v_i(t) + \sum_{l \in N(i)} q_{li}(t) \right) - c_i(v_i(t))] - \sum_{(i,j) \in L, i < j} E_{ij}(q_{ij}(t), t = 1, \dots, T),$$

где  $d$  - коэффициент дисконтирования, функция  $E_{ij}(q_{ij}(t), t = 1, \dots, T)$  суммарных затрат на передачу товара по линии  $(i, j)$  определяется из решения следующей вспомогательной задачи.

Задача оптимизации благосостояния:

$$(2) \quad \max_{(q, v)} W(\vec{q}, \vec{v}).$$

**Теорема 1.** Пусть заданы моменты, когда проводятся реконструкции линий (значения индикаторов определены). Тогда (2) - задача выпуклого программирования.

## Литература

1. VASIN A.A., GRIGORYEVA O.M., TSYGANOV N.I. *Optimization of an energy market transportation system // Doklady Akademii Nauk*, 2017, VOL. 475, NO. 4, PP. 377–381.
2. ВАСИН А.А., ЛЕСИК И.А., ГРИГОРЬЕВА О.М. *Синтез транспортной системы многоузлового рынка с переменным спросом // Труды Прикладная Математика и Информатика, Раздел Информатика, Выпуск №55, СТР. 74-90, 2017.*