

УДК 330.4

Лисенков В.А. – кандидат экономических наук, доцент

E-mail: lwa@kgasu.ru

Терегулова Э.Р. – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель

E-mail: teregul@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование размещения предприятий дорожной отрасли

Аннотация

Целью работы является экономико-математическая формализация производственного процесса добычи, производства, переработки, хранения и перевозки дорожно-строительного материала на объекты строительства транспортной инфраструктуры. С помощью математической модели размещения предприятий определяются места расположения предприятий, их требуемая мощность производства строительного материала, корреспонденция предприятий разного уровня иерархии с объемами перевозок своей продукции и закрепление их с указанием объемов поставок за местами строительства автомобильных дорог, мостов, аэродромов и зданий дорожной службы.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, размещение предприятий, дорожно-строительные материалы.

Снабжение объектов строительства нерудными материалами может осуществляться с различных предприятий производства или карьерной добычи, а также перевалочных баз и складов, осуществляющих дополнительную переработку или хранение.

Сыре для дорожно-строительных материалов используется из республиканских ресурсов, а также поступает из других регионов России. Каждый материал, в зависимости от его производства и качественных характеристик, может перемещаться от предприятий-производителей (верхний уровень иерархии) к перерабатывающим предприятиям или базам хранения (средний уровень) и далее на место строительства дороги (нижний уровень). Через сколько уровней проходит строительный материал, столько этапов образуется в экономической системе снабжения им дорожных работ. Это можно рассмотреть на примере щебня – практически основного дорожно-строительного материала. Если карьер расположен в районе, где планируется строительство автомобильной дороги, то известняк дробится, загружается в автомобиль и перевозится к месту строительства. Налицо прямоточная двухэтапная система между двумя корреспондирующими пунктами: карьер – объект строительства дороги. Если на карьере грузится в автомобиль порода с известняком, перевозится на пункт приготовления щебня требуемой фракции и затем завозится на строительство дороги, то имеем трехэтапную систему производства между данными корреспондирующими пунктами: карьер – база переработки сырья – объект строительства дороги.

Если карьер расположен в республике, то здесь может наблюдаться трех – или четырехэтапная система соответственно: карьер – база хранения материала в районе строительства дороги – объект строительства или карьер-пункт переработки сырья – база хранения материала в районе – объект строительства. Если карьер расположен в другом регионе, то возможна пяти – и более этапная система.

Конечная задача – определить путь закрепления поставщиков к потребителям, представляют собой транспортную задачу линейного программирования, где в качестве оценочного показателя является стоимость перевозки единицы продукции. Такая задача легко решается для условий двухэтапной системы: поставщик – потребитель.

В реальных условиях в республике имеется множество объектов строительства или реконструкции автомобильных дорог; баз переработки, перевалки или хранения готового дорожно-строительного материала; местных карьеров известняка; а также карьеры других регионов страны.

Процесс поставки щебня с промышленных карьеров на асфальтобетонный и цементобетонный заводы, а также для устройства верхнего слоя основания автомобильных дорог, выявляет ряд факторов, влияющих на конечные экономические результаты строительства:

- 1) отпускная цена щебня в карьерах;
- 2) стоимость перевозки щебня от карьера до объекта строительства;
- 3) потери щебня в процессе перегрузки его с одного вида транспорта на другой;
- 4) различная сложность организации и управления транспортным процессом при доставке строительного материала из одного или нескольких карьеров;
- 5) степень экономической стабильности поставщиков и их дисциплинированности при выполнении договорных обязательств.

Анализ факторов, на которые может влиять строительство, показал следующее:

- на отпускную цену и на стабильность и дисциплинированность поставщиков дорожно-строительные работы не влияют, а учитываются только при выборе, что поставщик удовлетворяет строителей или от его услуг следует отказаться. В математической постановке эти факторы указываются в ограничениях задачи;
- потери щебня в процессе перегрузки сводятся к нулю, так как на железнодорожных станциях чаще имеется специальная выгрузочная площадка. Этот фактор при моделировании задачи можно не учитывать;
- сложность организации и управления процессом доставки из карьеров сводится к простым отношениям «поставщик-потребитель» при наличии устойчивой связи между ними и снимает проблему контроля за отправкой и перевозкой грузов. Этот фактор также можно не учитывать при моделировании задачи;
- существенный и управляемый фактор – стоимость перевозки. Он является доминирующим и включается как в ограничения модели, так и в целевую функцию экономико-математической модели.

Поскольку рассматривается задача территориального размещения предприятий, то не следует ограничиваться стоимостью перевозок. Очень важно знать местоположение предприятия, его допустимую мощность производства и эксплуатационные показатели предприятий. В этой связи необходимо в целевую функцию включить показатели капитальных и эксплуатационных затрат, а в систему ограничений условия на гарантированное обеспечение объектов строительства дорожно-строительными материалами.

Рассматривая всю схему движения материала от производства через базы переработки или хранения до объекта, то возникает многоэтапная система с комплексом затратных показателей пунктов размещения карьеров, перевалочных баз, баз хранения готового материала, объектов строительства. Данная задача должна учитывать взаимное размещение предприятий разных уровней иерархии.

Для решения этой задачи стремятся минимизировать затраты на производство, хранение или переработку строительного материала на перевалочных базах и транспортировку к объекту строительства, а также учитывать взаимное расположение предприятий разных этапов между собой. Нелинейный характер капитальных затрат переводит задачу размещения предприятий в раздел задачу нелинейного программирования.

Известно размещение пунктов заготовки (производства) дорожно-строительного материала и размещение объектов строительства (потребителей).

Общая математическая модель для системы движения однородного продукта от начального пункта (карьер) до конечного (объект строительства транспортной инфраструктуры) имеет следующую формализацию.

Поступление продукта от поставщиков через перевалочные базы к потребителям осуществляется в n этапов, на каждом из которых следует разместить h_t пунктов, где t – номер этапа, $t=2 \dots, n-1$; $t=1$ – известные пункты добычи сырья; $t=n$ – известные пункты потребителей строительного материала.

В пунктах h_1 размещены производства по добыче сырья, а в пунктах h_n располагаются потребители, спрос которых P^k , $k=1, \dots, m$ известен.

Заданы: максимальные объемы производства на действующих карьерах или предприятиях и мощности существующих баз хранения или переработки сырья $Z_t^i = 1, \dots, h_b$

$t=1, \dots, n-1$; затраты $G_i(Z^i_t)$, $i=1, \dots, h_n$, $t=1, \dots, n-1$ – на производство, переработку или хранение единицы готового дорожно-строительного материала для любого пункта h_n .

На каждом последующем этапе продукция предыдущего воспринимается как сырье, норма λ_t , $t \neq n$ расхода которого на единицу продукта известна.

Ресурсы пунктов начального этапа известны – Q^i_t , $t=1$; $i=1, \dots, h_i$. Продукт может перевозиться из любого пункта этапа t в пункты следующего $t+1$ этапа, причем $C_{t,t+1}^{ij}$ – затраты на транспортировку единицы продукции от пункта i предыдущего этапа к пункту j последующего этапа $i=1, \dots, h_b$, $j=1, \dots, h_{t+1}$, $t=1, \dots, n-1$.

Пусть $X_{t,t+1}^{ij}$ – объем перевозок из пункта i этапа t в пункт j этапа $t+1$, где $i=1, \dots, h_b$, $j=1, \dots, h_{t+1}$, $t=1, \dots, n-1$, Z_t^i – мощность предприятий в пункте i этапа t , где $i=1, \dots, h_b$, $t=2, \dots, n-1$,

$A_t^i(Z_t^i - \bar{Z}_t^i)$ – удельные капитальные затраты в зависимости от увеличения производства сверх возможного на имеющихся в этом же пункте средствах труда (если $Z_t^i > \bar{Z}_t^i$) или от размеров производства на новом объекте (если $Z_t^i = 0$); E_t – нормативный коэффициент народнохозяйственной эффективности капитальных вложений; \bar{Z}_t^i – фактические мощности существующих предприятий.

Цель задачи – получить минимальное значение затрат на производство, переработку, хранение продукции, и ее транспортировку потребителям:

$$L = \min \sum_{i=1}^{h_t} \sum_{t=2}^n \left[E_t A_t^i (Z_t^i - \bar{Z}_t^i) \times (Z_t^i - \bar{Z}_t^i) + G_i(Z_t^i) Z_t^i \right] + \sum_{i=1}^{h_t} \sum_{j=1}^{h_{t+1}} \sum_{t=1}^{n-1} C_{t,t+1}^{ij} X_{t,t+1}^{ij}. \quad (1)$$

Для выполнения поставленной задачи переменные значения должны удовлетворять следующим условиям:

- общее производство продукции должно отвечать требованиям потребителей:

$$\sum_{i=1}^{h_{n-1}} Z_{n-1}^i = \sum_{j=1}^{h_n} P_j; \quad (2)$$

- условие гарантированного обеспечения продукции всех потребителей:

$$\sum_{i=1}^{h_{n-1}} X_{n-1,n}^{ij} = P_j, \quad j = 1, \dots, h_n; \quad (3)$$

- соответствие объемов производства и распределения продукции:

$$Z_t^i \geq \sum_{j=1}^{h_{t+1}} X_{t,t+1}^{ij}, \quad i = 1, \dots, h_t, \quad t = 2, \dots, n-1; \quad (4)$$

- ограничения на возможности источников сырья:

$$Q_1^i \geq \sum_{j=1}^{h_2} X_{1,2}^{ij}, \quad i = 1, \dots, h_1; \quad (5)$$

- условие удовлетворения сырьем пунктов его переработки для выполнения полученного объема производства:

$$\sum_{i=1}^{h_t} X_{t,t+1}^{ij} = \lambda_{t+1} Z_{t+1}^i, \quad j = 1, \dots, h_{t+1}, \quad t = 1, \dots, n-2; \quad (6)$$

- общие объемы перевозок должны удовлетворять потребностям пунктов его переработки:

$$\sum_{i=1}^{h_t} \sum_{j=1}^{h_{t+1}} X_{t,t+1}^{ij} = \sum_{j=1}^{h_{t+1}} \lambda_{t+1} Z_{t+1}^j, \quad t = 1, \dots, n-1. \quad (7)$$

Все переменные должны иметь неотрицательные значения:

$$X_{t,t+1}^{ij} \geq 0, \quad Z_t^i \geq 0. \quad (8)$$

Известные методы численного решения задач размещения ориентированы на двухэтапные модели. Для случаев трех и более этапов предлагалось использовать несколько двухэтапных транспортных задач, где каждый этап поставок дорожно-строительных материалов рассматривается обособленно без связи с ближайшими этапами. При таком подходе не всегда получается удовлетворительный результат. Комплексное решение проблемы территориального размещения объектов с учетом их взаимного размещения и мест расположения пунктов потребления в трехэтапной системе обеспечивает метод фиктивной диагонали. Для моделей, описывающих размещение объектов в четырех и более этапов, нет приемлемого метода решения, что явилось потребностью дальнейших исследований [3].

Список библиографических ссылок

1. Мальцев Ю.А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений. – М.: Изд. Центр «Академия», 2010. – 320 с.
2. Гирсанов И.В., Поляк Б.Т. Математические методы решения задач о размещении // Сборник трудов «Проблемы оптимального планирования и управления производством». – М., Изд-во МГУ, 1963. – 342 с.
3. Экономико-математические модели // Сборник трудов ЦЭМИ. – М.: «Мысль», 1969. – 298 с.

Lisenkov V.A. – candidate of economical sciences, associate professor

E-mail: lwa@kgasu.ru

Teregulova E.R. – candidate of physical and mathematical sciences, senior lecturer

E-mail: teregul@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st. 1

Modeling of the enterprise placement of road branch

Resume

Economic and mathematical model of facility location encompasses the entire system of correspondence include quarry – the base raw material processing – database storage of road building material – the temporary storage – construction projects . Depending on the geographic location of the primary and final part of the production facilities of passage stages of construction material varies.

In general, the mathematical modeling of the location of enterprises considered as an n-dimensional object system. In the simulation of the production process are taken into account power pits opportunities in refinery feedstock, the maximum load on the bases of storage and the need for road-building materials on construction sites.

Economic and mathematical model contains an objective function that minimizes the sum of capital, operating and transportation costs for the use of road-building material. The nonlinear dependence of capital and operating costs of production resulting from the model to the problems of nonlinear programming. Restrictions are used in the problem, are linear. This economic-mathematical model is suitable for the consideration of any building materials used in the manufacture of road. It is important that the simulation was considered a homogeneous product placement.

Keywords: economic-mathematical model, placement of the enterprises, road-building materials, correspondence of the enterprises.

Reference list

1. Malcev U.A. Economic-mathematical methods of designing transportation facilities. – M.: Publishing Center «Akademiya», 2010. – 320 p.
2. Girsanov I.V., Polyak B.G. Mathematical methods for solving problems of placement // Collection of works «The problem of optimal production planning and control». – M., Publishing house MGU, 1963. – 342 p.
3. Economic and mathematical models // Collection of works CEMI. – M., «Misl», 1969. – 298 p.