

УДК 339.372.7

## ЛОГИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИНИМИЗАЦИИ СТОИМОСТИ ПОСТАВОК ПРОДОВОЛЬСТВИЯ В ТОРГОВУЮ СЕТЬ

## LOGISTIC MODEL MINIMIZING THE COST OF FOOD SUPPLY IN COMMERCIAL NETWORK

**Р. Б. Ивуть,**

зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, заслуженный работник образования Республики Беларусь, д-р экон. наук, профессор

**В. П. Веремьев,**

научн. сотрудник ГУ «НИИ ВС РБ»

**R. Ivuts,**

The Head of the Economics and Logistics Department of the BNTU, the Honored Worker of Education of the Republic of Belarus, Doctor of Economics, Professor

**V. Veremyov,**

The Scientific Assistant of the Scientific-Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 19.06.2017 г.

В статье на основе применения логистического подхода рассматривается постановка и формализация задачи минимизации стоимости поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в сети магазинов торговой компании с использованием автомобильного транспорта. Представлена соответствующая математическая модель, учитывающая ряд исходных условий и ограничений задачи. Выбрано программное средство для ее эффективного решения.

The article deals with the formulation and formalization of the problem of cost minimization of supply, storage and centralized distribution of food through a network of trading company outlets using automobile transportation, on the basis of logistic approach. A corresponding math model is presented taking into account a number of initial conditions and restrictions. The software for effective solution of the problem has been selected.

Ключевые слова: логистический подход, математическая модель, программное средство.

Keywords: logistic approach, mathematical model, software.

### *Актуальность вопроса.*

Стремительное развитие рынка товаров и услуг, ужесточение конкуренции, требование улучшения качества сервиса клиентов (покупателей) ставят перед торговыми компаниями новые задачи. Чтобы сохранить конкурентоспособность и усилить свои преимущества на рынке, современной компании необходимо оптимизировать все основные процессы создания продажной стоимости товара: от его поставки на склады

распределительного центра и до прилавков розничных магазинов, включая создание страховых запасов на складе продавца в условиях, когда спрос на товар носит вероятностный характер.

Экономическая задача заключается в том, что создание страхового запаса, превышающего фактический расход товара за некоторый установленный период, приводит к дополнительным затратам на транспортировку и хранение излишков, а также убыткам от иммобилизации

денежных средств в избыточных запасах (возникает риск переказа). В то же время создание страхового запаса ниже фактической потребности сопряжено с риском упущенной выгоды от продажи товара (возникает риск недозаказа). В рассматриваемом случае упущенная выгода есть продажная цена товара. Так возникает закономерный вопрос: как найти оптимальный баланс между уровнем расходов компании и качеством обслуживания покупателей, чтобы минимизировать суммарный риск в денежном выражении? Наиболее убедительный научно-обоснованный ответ на этот вопрос дает понимание современных методов и моделей логистики.

*Логистика* — это наука о планировании, контроле и управлении транспортировкой, складированием, материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до предприятий, внутризаводской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации [1].

Проведенный анализ источников [2–4] позволяет утверждать, что применение логистики в организации поставок продовольствия розничным магазинам позволит значительно сократить расходы на содержание запасов (текущих — за счет использования технологии «точно в срок» и формирования оптимальных партий товара, страховых — за счет их максимальной концентрации в едином распределительном центре)

и транспортные издержки компании (за счет построения оптимальных маршрутов движения автомобилей и согласования графиков поставок) при заданном уровне обслуживания клиентов. Так, согласно [5], снижение логистических издержек в цепи поставок хотя бы на 10 % позволит компаниям увеличить свою прибыль на 50 %. Исходя из этого, не вызывает сомнений важность применения логистического подхода (ЛП) в организации поставок продовольствия магазинам компании с использованием автомобильного транспорта (АТ).

*Сущность применения логистического подхода.*

При применении ЛП объектом управления выступает сквозной материальный поток (МП), а предметом — его оптимизация (рис. 1).

В результате на выходе МП имеет заранее спроектированные, контролируемые показатели, например суммарные затраты денежных средств на организацию поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в торговую сеть. Такой подход к учету затрат дает наглядную картину их формирования в связи с обслуживанием конкретного потребителя и позволяет выявить возможные пути уменьшения.

Рассмотрим более подробно схему применения логистического подхода, представленную на рис. 1. Как видно из рис. 1, схема включает в себя такие типы основных элементов, как поставщики продовольствия (организации различных форм собственности), распределительный центр компании (оптовая база хранения), сквозной МП и потребители продовольствия

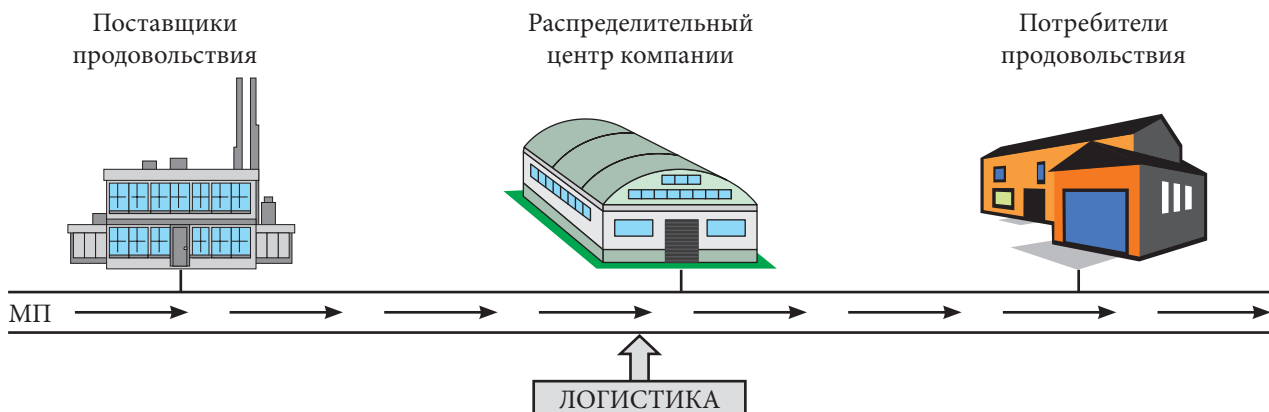


Рис. 1. Логистический подход к управлению материальным потоком

(сеть розничных магазинов компании). Под МП подразумевается перемещение загруженных различными видами продовольствия транспортных средств (ТС), следующих по своим маршрутам движения от поставщиков продовольствия и до его потребителей (через распределительный центр компании).

В статье, на основе применения ЛП, рассматривается постановка и формализация задачи минимизации стоимости поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в сети магазинов компании при заданном уровне обслуживания клиентов и использования АТ. Особенностями задачи является возможность выполнения поставок материальных средств (различных видов продовольствия) на склады оптовой базы хранения от нескольких поставщиков, учет запасов продовольствия, располагаемых на складах распределительного центра компании и магазинах к началу рассматриваемого периода, размер страховых запасов на складе продавца, продолжительность рабочей смены водителей, а также среднесуточный пробег автомобилей компании. При этом учитываются правила товарного соседства на перевозку отдельных видов продовольствия АТ компании [6]. Учет данных ограничений в задаче является особенно актуальным на этапе планирования мероприятий по централизованному распределению продовольствия в сети магазинов компании на предстоящий календарный период и оценке затрат, связанных с их выполнением. Учитывая, что на организацию поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия тратятся значительные суммы денежных средств компании, обоснование данных процессов следует выполнять на строгой научной основе, с применением современных методов математического моделирования [7].

#### *Исходные условия задачи.*

1. Доставка материальных средств (МС) потребителям выполняется одним маршрутом для каждого из ТС компании в любом из рассматриваемых временных интервалов. Под временным интервалом подразумевается период, за который выполняется одна поездка для любого из ТС, обеспечивающего выполнение данного мероприятия.

2. Все ТС компании загружаются на складах оптовой базы хранения (БХ) и начинают

движение по своим маршрутам одновременно, при этом суммарное время доставки продовольствия всем потребителям определяется по наиболее позднему времени окончания рассматриваемой работы на том или ином маршруте ТС.

3. При транспортировке продовольствия соблюдается его товарное соседство.

4. Автомобиль обслуживает каждый из магазинов компании не более одного раза в любом рассматриваемом временном интервале, при этом допускается возможность подачи МС каждому из потребителей несколькими различными ТС (то есть частичная доставка).

5. Возможность поломок и аварий ТС в процессе решения задачи не учитывается.

#### *Постановка задачи.*

Рассматривается  $F$  — множество поставщиков продовольствия,  $N$  — множество потребителей (магазинов) и один распределительный центр компании (база) с располагаемым на нем  $P$  — множеством видов продовольствия. Стоимость одной поставки продовольствия на склады БХ от каждого из поставщиков продовольствия равна  $S_p$ ,  $f = \overline{1, F}$ . Каждый из пунктов потребления (ПП) в любом из рассматриваемых временных интервалов  $t$  ( $t = \overline{1, T}$ ) характеризуется заданной потребностью в  $p$ -м виде МС —  $D_{pjt}$ ,  $p = \overline{1, P}$ ,  $j = \overline{1, N}$  и затратами на хранение одной его единицы —  $h_{pjt}$ ,  $p = \overline{1, P}$ . В свою очередь, распределительный центр компании в каждом из временных интервалов  $t$  характеризуется затратами на хранение одной единицы  $p$ -го вида МС —  $h_{p0t}$ ,  $p = \overline{1, P}$ . Запасы МС, располагаемые на складах БХ и ПП в каждом из временных интервалов  $t$ , непрерывно отслеживаются. Согласно текущему уровню запасов МС на временном интервале  $t$ , должно быть выполнено 0 или более поставок  $p$ -го вида продовольствия на БХ и с базы — на  $j$ -й ПП для удовлетворения его потребностей.

Доставка МС с базы осуществляется  $M$  транспортными средствами компании, каждое из которых характеризуется грузоподъемностью  $Q_k$ ,  $k = \overline{1, M}$ , транспортными затратами на единицу пути  $C_k^{(1)}$  (без груза) и перевозки груза  $C_k^{(2)}$  на единицу расстояния, а также указанием, какие виды продовольствия запрещены к перевозке данным ТС. Продолжительность рабочей смены водителя  $k$ -го ТС компании, а также среднесуточный пробег каждого из ТС равны  $T_k$  и  $L_k$  соответственно. Маршрут движения  $k$ -го ТС

компании должен заканчиваться его возвратом в исходный пункт отправления (БХ).

Требуется определить для каждого из временных интервалов  $t$  количество  $p$ -го вида МС, поставляемого на БХ и ПП, объемы содержания его запасов на БХ и ПП, а также маршруты движения каждого из ТС базы, такие, чтобы суммарные затраты денежных средств на организацию поставок, хранения и централизованного распределения МС всем потребителям в течение рассматриваемого календарного периода  $T = \overline{1, T}$  были минимальными, а исходные условия и ограничения задачи выполнялись.

*Формализация задачи.*

$i, j = \overline{1, N}$  — множество ПП (розничных магазинов компании).

$i, j = 0$  — пункт отправления и возврата ТС (БХ компании).

$k = \overline{1, M}$  — множество ТС компании, располагаемых на БХ.

$p = \overline{1, P}$  — множество видов МС (продовольствия).

$B_{pft}, p = \overline{1, P}, f = \overline{1, F}, t = \overline{1, T}$  — максимально возможный объем отгрузки МС  $p$ -го вида на базу от  $f$  поставщика продовольствия на временном интервале  $t$ .

$P_f$  — множество различных видов МС, поставляемых на БХ от поставщика  $f$ .

$K_{pjt}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}, t = \overline{1, T}$  — потеря (упущенная выгода) из-за нехватки единицы МС  $p$ -го вида на  $j$ -м пункте назначения (ПН) на временном интервале  $t$ .

$P_{rj}, r = \overline{1, E}, j = \overline{0, N}$  — множество различных видов МС, допускаемых к совместному хранению на одном складе  $r$ , располагаемом на территории  $j$ -го ПН.

$T = \overline{1, T}$  — количество временных интервалов (календарный период).

$R_{pj}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}$  — объем запасов МС  $p$ -го вида, располагаемый на  $j$ -м ПН к началу рассматриваемого календарного периода.

$H_{rj}, r = \overline{1, E}, j = \overline{0, N}$  — емкость склада  $r$ , располагаемого на территории  $j$ -го ПН.

$K_f, f = \overline{1, F}$  — грузоподъемность автомобиля, располагаемого у  $f$  поставщика МС.

$l_{ij}, i = \overline{0, N}, j = \overline{0, N}$  — расстояние от  $i$ -го к  $j$ -му ПН.

$D_{pj0}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}, t = \overline{1, T}$  — предполагаемый объем содержания страховых запасов МС  $p$ -го вида на  $j$ -м ПН на временном интервале  $t$ .

$\delta_{pjt}, p = \overline{1, P}, j = \overline{1, N}, t = \overline{1, T}$  — недостающий объем содержания страховых запасов МС  $p$ -го вида на  $j$ -м ПП на временном интервале  $t$ .

$t_p, p = \overline{1, P}$  — время выгрузки единицы МС  $p$ -го вида на ПП.

$V_k, k = \overline{1, M}$  — средняя скорость движения  $k$ -го ТС базы на маршруте.

$t_{rest}$  — время перерыва для отдыха и питания водителей.

$L_k, k = \overline{1, M}$  — максимально допустимый пробег  $k$ -го ТС базы на маршруте движения.

$Q_k, k = \overline{1, M}$  — грузоподъемность  $k$ -го ТС базы.

$T_k, k = \overline{1, M}$  — продолжительность рабочей смены водителя  $k$ -го ТС базы.

$A \subset \{ \{ p, k, t \} \mid p = \overline{1, P}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T} \}$  — множество троек запретов на перевозку МС автомобильным транспортом базы.

$W_{pft}, p = \overline{1, P}, f = \overline{1, F}, t = \overline{1, T}$  — количество  $p$ -го вида МС, поставляемого на оптовую БХ от  $f$  поставщика на временном интервале  $t$ .

$I_{pjt}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}, t = \overline{1, T}$  — объем запасов МС  $p$ -го вида, располагаемых на  $j$ -м ПН к концу временного интервала  $t$ .

$x_{ijkt}, i = \overline{0, N}, j = \overline{1, N}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}$  — объем МС, перевозимый от  $i$ -го к  $j$ -му ПН  $k$ -м ТС базы на временном интервале  $t$ .

$q_{pjkt}, p = \overline{1, P}, j = \overline{1, N}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}$  — объем МС  $p$ -го вида, доставляемый  $j$ -му потребителю  $k$ -м ТС базы на временном интервале  $t$ .

$Y_{ft}, f = \overline{1, F}, t = \overline{1, T}$  — количество поставок МС на базу от  $f$  поставщика на временном интервале  $t$ .

$z_{ijkt}, i = \overline{0, N}, j = \overline{0, N}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}$  — булева переменная, равная 1, если  $k$ -е ТС базы перемещается от  $i$ -го к  $j$ -му ПН на временном интервале  $t$ , 0 — в противном случае.

*Целевая функция задачи.*

Суммарная стоимость поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия всем потребителям в течение календарного периода  $T = \overline{1, T}$  должна быть минимальной, а все исходные условия и ограничения задачи выполняться [3]:

$$\sum_{t=1}^T \left[ \sum_{f=1}^F S_f Y_{ft} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=0}^N \frac{1}{2} (I_{pjt} + I_{pjt-1}) h_{pjt} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^N K_{pjt} \delta_{pjt} + \sum_{i=0}^N \sum_{j=0, j \neq i}^N \sum_{k=1}^M \left( C_k^{(1)} l_{ij} z_{ijkt} + C_k^{(2)} l_{ij} x_{ijkt} \right) \right] \rightarrow \min. \quad (1)$$

Ограничения задачи.

Учет объема запасов МС  $p$ -го вида, располагаемых на  $j$ -м ПН к началу рассматриваемого календарного периода:

$$I_{pj0} = R_{pj}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}. \quad (2)$$

Условие наличия предполагаемого размера страховых запасов МС  $p$ -го вида на  $j$ -м ПН к концу временного интервала  $t$ :

$$I_{pj t} + \delta_{pj t} \geq D_{pj t}, p = \overline{1, P}, j = \overline{0, N}, t = \overline{1, T}. \quad (3)$$

Учет емкости продовольственного склада  $r$ , располагаемого на территории  $j$ -го ПН к концу временного интервала  $t$ :

$$\sum_{p \in P_j} I_{pj t} \leq H_r, r = \overline{1, E}, j = \overline{0, N}, t = \overline{1, T}. \quad (4)$$

Учет максимально возможного объема отгрузки МС  $p$ -го вида на оптовую БХ от  $f$  поставщика на временном интервале  $t$ :

$$W_{pft} \leq B_{pft}, p = \overline{1, P}, f = \overline{1, F}, t = \overline{1, T}. \quad (5)$$

Обеспечение баланса между требуемым и располагаемым (текущим) объемами запасов МС  $p$ -го вида на оптовой БХ на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{f, p \in P_f} W_{pft} + I_{p0t-1} - I_{p0t} = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M q_{pjkt}, p = \overline{1, P}, t = \overline{1, T}. \quad (6)$$

Обеспечение баланса между требуемым и располагаемым объемами запасов МС  $p$ -го вида на  $j$ -м ПП на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{k=1}^M q_{pjkt} + I_{pj t-1} - I_{pj t} = D_{pj t}, p = \overline{1, P}, j = \overline{1, N}, t = \overline{1, T}. \quad (7)$$

Ограничение на объем поставки продовольствия на оптовую БХ от  $f$  поставщика на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{p=1}^P W_{pft} \leq K_f Y_{ft}, f = \overline{1, F}, t = \overline{1, T}. \quad (8)$$

Учет грузоподъемности  $k$ -го ТС базы, обеспечивающего выполнение централизованной доставки МС потребителям на временном интервале  $t$ :

$$x_{ijkt} \leq Q_k z_{ijkt}, i, j = \overline{0, N} (j \neq i), k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (9)$$

Ограничение на среднесуточный пробег  $k$ -го ТС базы на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{i=0}^N \sum_{\substack{j=0, \\ j \neq i}}^N l_{ij} z_{ijkt} \leq L_k, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (10)$$

Обеспечение баланса между потоками МС на входе и выходе оптовой БХ на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M x_{i0kt} - \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M x_{0jkt} = - \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M q_{pjkt}, t = \overline{1, T}. \quad (11)$$

Ограничение на количество маршрутов движения  $k$ -го ТС базы на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{j=1}^N z_{0jkt} \leq 1, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (12)$$

Ограничение, позволяющее избежать перегрузки МС на промежуточном ПП, при частичной доставке продовольствия на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{i=0}^N x_{ijkt} - \sum_{i=0}^N x_{jikt} = \sum_{p=1}^P q_{pjkt}, j = \overline{1, N}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (13)$$

Ограничение продолжительности рабочей смены водителя  $k$ -го ТС базы на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{i=0}^N \sum_{\substack{j=0, \\ j \neq i}}^N \frac{l_{ij}}{V_k} z_{ijkt} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^N t_p q_{pjkt} + t_{rest} \leq T_k, \\ k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (14)$$

Учет возможности посещения  $i$ -го ПП  $k$ -м ТС базы на временном интервале  $t$ :

$$\sum_{\substack{i=0, \\ j \neq i}}^N z_{ijkt} - \sum_{\substack{i=0, \\ j \neq i}}^N z_{jikt} = 0, \\ j = \overline{0, N}, k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (15)$$

Учет запрета на перевозки МС  $p$ -го вида на  $j$ -й ПП  $k$ -м ТС базы на временном интервале  $t$ :

$$q_{pjkt} = 0, \langle p, k, t \rangle \in A, j = \overline{1, N}. \quad (16)$$

Обеспечение требования неотрицательности искомым значениям переменных:

$$W_{pft}, I_{pj t}, \delta_{pj t}, q_{pjkt}, x_{ijkt}, Y_{ft} \geq 0, p = \overline{1, P}, \\ f = \overline{1, F}, i, j = \overline{0, N} (j \neq i), k = \overline{1, M}, t = \overline{1, T}. \quad (17)$$



Определение искомым значений булевых переменных:

$$z_{ijkt} = \{0,1\}, i = \overline{0,N}, j = \overline{0,N}(j \neq i), k = \overline{1,M}, t = \overline{1,T}. \quad (18)$$

Обеспечение требования целочисленности искомым значений переменных:

$$\begin{aligned} Y_{fp}, q_{pjkt} = \text{int}, f = \overline{1,F}, p = \overline{1,P}, \\ j = \overline{1,N}, k = \overline{1,M}, t = \overline{1,T}. \end{aligned} \quad (19)$$

Стоимость одной поставки  $S_f, f = \overline{1,F}$  продовольствия АТ от любого из поставщиков на оптовую БХ (без учета затрат на погрузо-разгрузочные работы) может быть рассчитана по формуле:

$$\text{стоимость} = \text{пробег (в км)} \times \text{тариф (в бел. руб.)}. \quad (20)$$

В свою очередь, стоимость тарифа на междугороднюю перевозку груза будет зависеть от значения грузоподъемности используемого автомобиля (выраженной в тоннах) и его пробега с грузом за 1 км. Тарифы на перевозку грузов устанавливаются перевозчиком самостоятельно, в соответствии с действующим прейскурантом. Следует отметить, что сумма налога на добавленную стоимость (НДС) может быть не включена в тариф и выделяться отдельной строкой по установленной процентной ставке в расчетных и платежных документах. В таком случае формула (20) принимает вид:

$$\begin{aligned} \text{стоимость} = \text{пробег (в км)} \times \text{тариф (в бел. руб.)} + \\ + \text{НДС (в \%)}. \end{aligned} \quad (21)$$

Для решения задачи минимизации стоимости поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия разработано множество различных методов и алгоритмов. Выбор каждого из них зависит, в первую очередь, от размерности решаемой задачи и требований, предъявляемых к точности ожидаемых результатов.

*Выбор программного средства для решения задачи.*

Поставленная задача относится к классу задач линейного частично-целочисленного программирования. Для их решения могут быть использованы готовые программные про-

дукты, например LP Solve, MATLAB, Wolfram MATHEMATICA, MAPLE и др. Использование данных программных продуктов, безусловно, позволяет добиться определенных успехов. Тем не менее при их использовании могут возникать серьезные трудности, связанные с решением комплексных (интегрированных) задач оптимизации большой размерности.

Среди признанных программных продуктов, использование которых позволяет решать задачи оптимизации большой размерности, следует выделить следующие:

- CPLEX — пакет программного обеспечения (обычно называемый «солвер» — от англ. solver — решатель), разработанный Робертом Биксби и предназначенный для решения задач линейного и квадратичного программирования, в том числе целочисленного программирования [8];

- MINOS — пакет программного обеспечения, разработанный в Стенфордском университете (США) и предназначенный для решения громоздких оптимизационных задач линейного и нелинейного программирования (отличается хорошим качеством реализации и современным алгоритмическим арсеналом) [9].

Однако следует отметить, что высокая стоимость вышеуказанных программных продуктов зачастую не позволяет их использовать в практике работы отдельных компаний. Их покупка влечет за собой достаточно большую переплату за функциональные возможности, которые могут не использоваться конкретной компанией. Кроме того, заказ и установка продуктов зарубежных производителей требуют дополнительных расходов на доставку, что сказывается на их конечной стоимости.

Для решения поставленной задачи авторы предлагают использовать для решения задач линейного и нелинейного программирования программу Quick NP версии 1.0.8, разработанную компанией NP Soft (Россия). Программа Quick NP специально разработана для моделирования и решения задач оптимизации, в том числе большой размерности [10]. Данная программа использует в своей работе язык NP, являющийся симбиозом математического описания задачи и объектно-ориентированной методологии UML. Использование языка NP дает возможность эффективно описывать самые сложные оптимизационные задачи, получая работоспособные модели.

Язык NP берет на себя задачу перевода математической постановки задачи в форму, понятную для соответствующего «солвер», являющегося частью программного обеспечения Quick NP. Как только «солвер» решит задачу, ее решение помещается в выходной файл, и результаты сообщаются пользователю. Необходимо отметить, что многие практически важные (прикладные) задачи оптимизации уже решены с использованием языка NP [10].

Алгоритм и соответствующий ему пакет оптимизации выбирается из рабочей библиотеки программы Quick NP в зависимости от типа решаемой задачи. В случае рассмотренной выше задачи, наиболее полезным для использования будет пакет COIN CBC (линейные задачи). При решении громоздких и сложных задач линейного частично-целочисленного программирования пакет COIN CBC использует метод «ветвей и отсечений». Выбранный алгоритм поиска оптимального решения может дополняться включением (настройкой) различных его параметров. При необходимости, с помощью специального интерфейса, могут быть подключены пакеты оптимизации других производителей.

#### Заключение.

1. В статье на основе применения логистического подхода рассмотрена постановка и формализация задачи минимизации стоимости поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в торговую сеть при заданном уровне обслуживания клиентов и использования АТ.

2. Представлена соответствующая математическая модель, учитывающая ряд исходных условий и ограничений задачи.

3. Практическое использование полученной модели, с учетом специфики решаемой задачи, позволит компании эффективно управлять цепочкой поставок продовольствия и получать конкурентное преимущество на рынке товаров и услуг за счет:

- оптимизации суммарных денежных затрат на организацию поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в сети магазинов розничной торговли;
- расширения ассортиментной линейки без увеличения вложений в товарные запасы;
- возможности успешного запуска на рынок нового продукта в кратчайшие сроки без ущерба для остального бизнеса;

- улучшения качества обслуживания клиентов;
- снижения логистических издержек и увеличения маржинальной прибыли, что позволяет вести более агрессивную ценовую политику.

4. Для решения задачи большой размерности за приемлемое время авторы предложили использовать высокопроизводительную решающую программу Quick NP версии 1.0.8.

5. Компьютерная реализация модели в указанной программной среде на этапе планирования позволит принимать обоснованные решения на организацию процессов поставок, хранения и централизованного распределения продовольствия в сети магазинов.

#### Литература:

1. Ивуть, Р. Б. Логистика: монография / Р. Б. Ивуть, С. А. Нарушевич. — Минск: БНТУ, 2004. — 328 с.
2. Бочкарев, А. А. Планирование и моделирование цепи поставок: учеб.-практ. пособие / А. А. Бочкарев. — М.: Изд-во Альфа-Пресс, 2008. — 192 с.
3. Multi-item inventory-routing problem for an FMCG company [Electronic resource] / Ed. E. Zerman. — Technical university, 2007. — Mode of access: <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12608927/index.pdf>. — Date of access: 05.06.2017.
4. Гаджинский, А. М. Проектирование товаропроводящих систем на основе логистики / А. М. Гаджинский. — М.: Изд-во «Дашков и К», 2015. — 324 с.
5. Кузнецова, О. В. Цепи поставок и функции логистики в управлении ими на предприятиях [Электронный ресурс] / О. В. Кузнецова. — Дальневост. гос. ун-т путей сообщения. — Режим доступа: <http://www.dvgups.ru/science-and-innovation/conferences/m-e-g-v-k-g/2090-kuznecova-ov>. — Дата доступа: 05.06.2017.
6. Об утверждении правил автомобильных перевозок грузов [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 июня 2008 г., № 970 // КонсультантПлюс, Беларусь // ООО «Юр-Спектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2017.
7. Загребяев, А. М. Методы математического программирования в задачах оптимизации сложных технических систем: учеб. пособие / А. М. Загребяев. — М.: Московский инж.-физ. ин-т, 2007. — 332 с.
8. CPLEX Optimizer [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>. — Date of access: 05.06.2017.
9. MINOS [Electronic resource]. — Mode of access: [http://www.sbsi-sol-optimize.com/asp/sol\\_product\\_minos.htm](http://www.sbsi-sol-optimize.com/asp/sol_product_minos.htm). — Date of access: 05.06.2017.
10. Quick NP [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://np-soft.ru/main/index.htm>. — Дата доступа: 05.06.2017.