

УДК 658.7

А.Ю. Тюрин, профессор, д-р экон. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Tyurin A.Yu., professor, D.Sc. (Economy)
(KuzSTU, Kemerovo)

**КООРДИНИРОВАННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ
ЗАПАСАМИ И ТРАНСПОРТИРОВКОЙ
В ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ**

**COORDINATED TASKS INVENTORY AND TRANSPORTATION
IN SECTORS OF THE ECONOMY**

В статье рассматриваются вопросы решения задач совместного управления запасами и маршрутизации в пищевой промышленности. Отмечаются особенности выбора транспортных моделей для доставки товаров различных сроков годности в цепях поставок пищевой промышленности.

The article discusses the decision of tasks of the joint inventory management and routing in the food industry. The observed peculiarities of the choice of transport models for the delivery of goods with different expiration dates in the supply chain of the food industry.

Множество задач управления цепями поставок характеризуется присутствием двух областей управления: политикой транспортировки и политикой управления запасами. Политика транспортировки определяет действия, связанные с физическим продвижением товаров между различными географическими пунктами. Политика управления запасами учитывает характеристики транспортируемых товаров, такие как спрос, требуемый уровень обслуживания, политика пополнения запасов и т.д. В дальнейшем задачи, где одновременно учитывается и политика транспортировки и политика управления запасами, будут называться задачами совместного управления запасами и маршрутизации.

Начиная с начала 1980-ых, задачи совместного управления запасами и маршрутизации были успешно решены во многих отраслях промышленности.

Многие авторы в своих теоретических разработках показывали, что существенную экономию финансовых средств можно получить только при совместном управлении транспортировкой и запасами. В [1] рассматриваются издержки, полученные с помощью модели доставки грузов на транспортных средствах с единственного склада, и сравниваются они со значениями, полученными с помощью отдельной задачи маршрутизации. Результаты исследований показывают, что экономия в эксплуатационных

расходах достигается приблизительно на 6-7 % при использовании объединенного подхода (задачи совместного управления запасами и маршрутизации). В [2] рассматривается задача совместного управления запасами и маршрутизации для распределения нагретых нефтепродуктов потребителям с целью уменьшения годовых затрат на доставку и потерь из-за дефицита.

Таким образом, можно при известной политике управления запасами получать политику транспортировки, т.е. формировать маршруты доставки различных товаров потребителям с учетом различных ограничений с минимальными издержками. И наоборот, при известной политике маршрутизации получать политику управления запасами, т.е. определять объемы и периоды партий поставок с целью минимизации общих расходов.

Рассмотрим общую математическую постановку задачи совместного управления запасами и маршрутизации.

Данные задачи предполагают управление действиями по поставкам одного или более продуктов от одного или более географически удаленных поставщиков, в дальнейшем называемые складами, к одному или более географически удаленным потребителям, в дальнейшем называемые розничными продавцами/клиентами, ограниченным или неограниченным парком транспортных средств одинаковой или различной вместимости в течение некоторого конечного или бесконечного горизонта планирования длины H . Весь запас поступает в систему через склады. Расстояния или время транспортировки от пункта к пункту заранее фиксированы и известны. Спрос каждого потребителя или розничного продавца может быть детерминированным или стохастическим. Склад может хранить запасы или нет. Принятие решения может быть централизованным или децентрализованным.

По определению, задачи совместного управления запасами и маршрутизации учитывают два набора областей управления: связанные с политикой транспортировки и связанными с политикой управления запасами.

Политика транспортировки включает назначение транспортных средств на маршруты и/или к клиентам с учетом ограничений вместимости транспортных средств, определение последовательности обслуживания клиентов на маршрутах и учет временных окон поставки продукции клиентам.

Политика управления запасами включает определение системы пополнения запасов, правила удовлетворения спроса/заказа клиентов и распределения запаса транспортного средства среди клиентов. Обе эти политики представлены в данной математической модели или как переменные решения или как ограничения.

Примем I как вектор, определяющий политику управления запасами, T как вектор, определяющий политику транспортировки. Тогда $C_t(I, T)$ представляет стоимость в периоде t , $t = 1, \dots, H$, связанной с любой данной

объединенной политикой: $\{I, T\}_{t=1, \dots, H}$. Тогда обобщенная задача совместного управления запасами и маршрутизации может быть сформулирована следующим образом:

$$\min_{I, T} \sum_{t=1}^H C_t(I, T) \quad (1)$$

при ограничениях

$$I \in \Omega \quad (2)$$

$$T \in \pi \quad (3)$$

Цель состоит в том, чтобы минимизировать общие ожидаемые издержки (или средние ожидаемые стоимость/время в некоторых случаях) на горизонте планирования H . В некоторых случаях в качестве цели в выражении (1) используется максимизация прибыли или финансового потока. Политика управления запасами, I , ограничена, чтобы быть выбранной из некоторого данного множества Ω и политика транспортирования, T , ограничена, чтобы быть выбранной из некоторого данного множества π . Кроме того, в многопериодной задаче совместного управления запасами и маршрутизации есть типичные ограничения (например, ограничения баланса запасов, ограничения транспортного средства на маршруте), которые связывают результаты политики одного периода с другими периодами.

Наконец, некоторые задачи совместного управления запасами и маршрутизации или рассматривают единственную данную политику транспортирования (в этом случае $C_t(I, T)$ в (1) заменяется на $C_t(I|T)$), или единственную данную политику управления запасами (в этом случае $C_t(I, T)$ в (1) заменяется на $C_t(T|I)$).

Выбор модели управления запасами и транспортировки продукции зависит от многих факторов, характеризующих взаимодействие участников в цепях поставок.

В пищевой промышленности выбор вариантов транспортного обслуживания потребителей зависит от таких факторов, как срок годности, тип используемой тары, температурный режим, размер отправки и удельная цена товара. При этом различные сроки годности готовой продукции пищевой промышленности определяются свойствами самого продукта, режимами его хранения и другими факторами, представленными в таблице [3-5].

Для товаров с небольшим сроком годности (например, хлебобулочные изделия) задача совместного управления запасами и маршрутизации превращается в задачу управления транспортировкой с определенной периодичностью доставки продукции потребителям. В связи с этим становится актуальным применение метода отдельной доставки [6], который позволяет доставить части общей партии товара одному потребителю за несколько рейсов с использованием различных транспортных средств.

Так как клиентура предприятий пищевой промышленности доста-

точно обширна, то предлагается также с целью сокращения расчетов провести агрегирование потребителей и объединить их в определенные группы (зоны обслуживания).

Таблица - Факторы, влияющие на выбор схемы транспортного обслуживания для товаров пищевой промышленности с различными сроками годности

Параметр	Небольшой срок годности	Длительный срок годности
Состыковка транспортного и производственного циклов	Высокий уровень согласования интенсивности транспортного обслуживания с производственным ритмом выпуска готовой продукции	Выпуск готовой продукции и транспортное обслуживание потребителей совершаются автономно или при незначительном уровне согласования
Частота поставок	Высокая частота поставок	Низкая или средняя частота поставок
Уровень запасов готовой продукции	Низкие средние уровни запасов готовой продукции на предприятии	Значительные средние уровни запасов готовой продукции на предприятии
Удельные транспортные расходы	Высокие удельные транспортные расходы	Низкие или средние удельные транспортные расходы
Удельная цена товара	Низкая удельная цена товара	Средняя или высокая удельная цена товара
Промежуточное складирование	Отсутствие промежуточного складирования	Допускается складирование в промежуточных узлах цепи поставок
Вид сбытовой сети	Прямая сбытовая сеть	Разветвленная сбытовая сеть
Радиус доставки	Небольшой радиус доставки	Значительный радиус доставки
Грузоподъемность автомобиля	Автомобили особо малой и малой грузоподъемности	Автомобили средней и большой грузоподъемности
Вид маршрута	Преимущественно городской развозочно-сборного или маятникового типа	Городской или междугородный развозочно-сборного или маятникового типа

Критерием объединения могут быть максимальное время и расстояние доставки, одинаковое временное окно и т.д.

Для товаров со значительным сроком годности должны решаться полноценные задачи совместного управления запасами и маршрутизации.

При этом ввиду значительной сложности вычислительных экспериментов необходимо использование эвристических и метаэвристических методов решения, которые позволят получить решение, близкое к оптимальному при значительном сокращении расчетов.

Для этой группы задач подбираются заказы с определенной периодичностью обслуживания (например, 1 раз в неделю, 2 раза в неделю и т.д.). Это позволяет подобрать количественный состав автомобилей для организации транспортного обслуживания, а также связать транспортировку с управлением запасами и дать заказ на поставку продукции вверх по цепи поставок. При этом горизонт планирования расширяется до недели или месяца, учитывается неравномерность заказов по дням недели, стыкуются транспортные и складские процессы в цепи поставок, политика пополнения запасов потребителей учитывает задержки во времени с связи с получением информации, ее обработкой, подготовкой и дальнейшей транспортировкой заказов потребителям.

В заключение необходимо отметить, что тщательный учет факторов, влияющих на поведение участников цепи поставок пищевой промышленности, позволит сократить общие логистические издержки, синхронизировать производственные и транспортные циклы, уменьшить средний уровень запасов во всех звеньях цепи поставок, выбрать качественный и количественный состав транспортных средств для доставки продукции, разработать оптимальные маршруты перевозок с учетом дополнительных требований и ограничений, выдвигаемых потребителями.

Список литературы

1. Federgruen A., Zipkin P. A combined vehicle routing and inventory allocation problem // *Oper. Res.* – 1984. – 32. – P. 1019-1037.
2. Dror M., Ball M. Inventory/routing: reduction from an annual to a short-period problem // *Naval Res. Logistics* – 1987. – 34. – P. 891-905.
3. Тюрин А.Ю. Управление транспортировкой в цепях поставок пищевой промышленности: Монография. – М.: Креативная экономика, 2011. – 280 с.
4. Тюрин А.Ю. Транспортно-логистическое обслуживание цепей поставок пищевой промышленности: дис. ... докт. экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 340 с.
5. Тюрин А.Ю. Транспортно-логистическое обслуживание цепей поставок пищевой промышленности: автореф. дис. ... докт. экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 45 с.
6. Dror M., Trudeau P. Savings by split delivery routing // *Trans. Sci.* – 1989. – 23. – P. 141-145.