

биль. Наемное транспортное средство будет обслуживать клиентов в населенных пунктах Гурьевск, Бачатский, Салаир и Малая Салаирка. Собственный автомобиль обслужит клиентов в Белово, Инском, Бабанакново и Каракане.

При дневном вывозе более 864 упаковок для перегрузки продукции будут использоваться Белово и Гурьевск. В этом случае автомобиль большей вместимости также загружается на основном складе в г. Новокузнецке и доставляет груз в Белово, где перегружает часть груза на нанятый грузовой автомобиль, затем переезжает в Гурьевск, где перегружает остаток продукции на наемный автомобиль и порожним возвращается в Новокузнецк. Наемные автомобили будут обслуживать клиентов в Гурьевске, Бачатском Салаире и Малой Салаирке – один в Белово, Инском, Бабанакново и Каракане – другой автомобиль.

Применение данной технологии доставки дает преимущество по следующим позициям:

- ✓ ускорение доставки к пунктам продажи за счет увеличения количества автомобилей;
- ✓ открытие возможности удовлетворять потребности клиентов, для которых особое значение имеет время доставки;
- ✓ снижение времени работы на линии собственного автомобиля на 35% путем передачи обслуживания части клиентов.

Минусы данной схемы обслуживания – это общее увеличение стоимости обслуживания кли-

ентов из-за привлечения наемного транспорта. Однако не стоит забывать о возможной прибыли с потенциальных клиентов.

В среднем себестоимость 1 машиночаса собственного автомобиля составляет 400 р., для наемного – 600 р. Получаем, что для схемы без использования второго эшелона доставки (прямая поставка потребителям) суточная стоимость обслуживания потребителей в данном регионе составит 5600 р. (14 ч × 400 р.). С применением второго эшелона и одного пункта перегрузки (Белово) она увеличится до 7200 р. (9 ч × 400 р. + 6 ч × 600 р.).

С внедрением схемы двухэшелонной доставки общие затраты увеличатся на 28%. Но несмотря на это, несомненно наблюдается выигрыш в качестве обслуживания клиентов за счет увеличения скорости доставки к пунктам продажи. Привлечение новых клиентов, которые до того не могли воспользоваться транспортными услугами из-за временного ограничения в приемке товара, дает дополнительный доход с продаж товаров в среднем 1500 р. на одного потребителя. Данный потенциальный доход с лихвой перекрывает дополнительные затраты на наемный транспорт. Также снижается время работы автомобилей на линии, что благоприятно будет сказываться на выполнении операций транспортно-экспедиционного обслуживания водителями, устранении ошибок в приеме и сдаче товара потребителям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрин, А.Ю. Модели транспортного обслуживания в цепях поставок пищевой промышленности // Вестн. КузГТУ. – 2011. – №4. – С.89-92.
2. Angelelli E., Speranza M.G. The Periodic Vehicle Routing Problem with Intermediate Facilities // European Journal of Oper. Res. – 2002. – 137. – P. 233-247.
3. Svoronos A. Estimating the performance of multi-level inventory systems // Oper. Res. – 1988. – 36. – P. 57-72.
4. Verrijdt J., de Kok A. Distribution planning for a divergent n-echelon network without intermediate stocks under service restrictions // International Journal of Production Economics. – 1995. – 38. – P. 225-243.
5. Просветов Г.И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практическое пособие. 2-е изд., доп. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 304 с.

□□ Авторы статьи:

Тюрин  
Алексей Юрьевич,  
канд. экон. наук, доц. каф.  
автомобильных перевозок КузГТУ.  
E-mail: [alexturnin07@rambler.ru](mailto:alexturnin07@rambler.ru)

Зырянов  
Владимир Васильевич,  
докт. техн. наук, проф., зав.  
каф. организации перевозок и дорожного движения Ростовского государственного строительного университета. E-mail: [opdrgsu@mail.ru](mailto:opdrgsu@mail.ru)

УДК 658.7

А.Ю. Тюрин, В.В. Зырянов

### СОВМЕЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Существует 9 разновидностей задачи маршрутизации, которые зависят от ограничений и требо-

ваний, предъявляемых к системе доставки товаров пищевой промышленности [1]. Однако они не

учитывают политику управления запасами, которые могут существенно повлиять на процесс распределения продукции в цепях поставок. Необходимость учета пополнения и расходования запасов на складах при организации транспортировки продукции приводит к решению задач совместного управления запасами и маршрутизацией.

Рассмотрим общую математическую постановку задачи совместного управления запасами и маршрутизацией.

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 фиксированы. 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 маршрутизацией 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 маршрутизацией 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 минимизации общих ожидаемых издержек (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  $\Omega$  и политика транспортирования  $T$  ограничена, чтобы быть выбранной из некоторого данного множества  $\pi$ . Кроме того, в многопериодной задаче совместного управления запасами и маршрутизацией 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 рас-

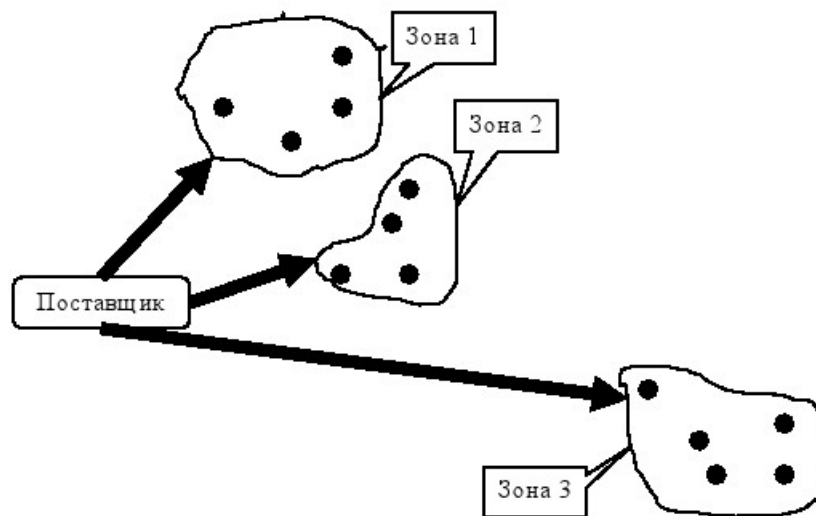


Рис. 1. Зоны обслуживания потребителей

смаатривают 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  $C_t(T|I)$ ).

Существует 7 разновидностей задач совместного управления запасами и маршрутизацией (табл. 1).

Выбор модели управления запасами и маршрутизацией 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 табл. 2.

Для товаров с небольшим сроком годности (например, хлебобулочные изделия) задача совместного управления запасами и маршрутизацией превращается в задачу управления транспортировкой с определенной периодичностью доставки продукции потребителям. В связи с этим становится актуальным применение метода раздельной доставки [2], который позволяет доставить части общей партии товара одному потребителю за несколько рейсов с использованием различных транспортных средств.

Так как клиентура предприятий пищевой промышленности достаточно обширна, то предлага-

ется также с целью сокращения расчетов провести агрегирование потребителей и объединить их в определенные группы (зоны обслуживания).

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

Пример конфигурации зон обслуживания представлен на рис. 1.

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

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, состыковываются 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.

Таблица 1. Классификация задач совместного управления запасами и маршрутизацией

Тип задачи маршрутизации	Особенности задачи
Задача совместного управления запасами и маршрутизацией	Представляет собой объединенную задачу маршрутизации с задачей управления запасами, в которой для существующего парка транспортных средств необходимо определить варианты доставки грузов потребителям с учетом уровня запасов у поставщиков и потребителей, а также определить количество и время поставки продукции каждому клиенту.
Задача совместного управления запасами и маршрутизацией с дополнительными устройствами	Отличается от предыдущей тем, что могут иметься помимо основных поставщиков и потребителей дополнительные устройства (склады), которые используются для временной разгрузки или погрузки продукции на транспортные средства.
Стратегическая задача совместного управления запасами и маршрутизацией	Определяет длительный временной период (несколько месяцев и даже лет) между подписанием договора на поставку и готовностью транспортных средств для осуществления доставки продукции. Данная задача имеет дело с решениями по планированию ресурсов, где, например, цель состоит в том, чтобы минимизировать размер (или стоимость) парка транспортных средств, требуемых для доставки товаров.
Задача маршрутизации	Представляет собой часть задачи совместного управления запасами и маршрутизацией, одна из задач, рассмотренных в [1]

Задача маршрутизации с отправлениями	Многоконтурная задача совместного управления запасами и маршрутизацией, целью которой является проектирование множества маршрутов для парка одинаковых транспортных средств, обслуживающих множество производящих и потребляющих пунктов для единственного продукта. Количество продукции, которое загружается и разгружается на маршруте доставки, определяется скоростью производства и потребления пунктов, возможных уровней запасов, и вместимостью транспортных средств, посещающих пункты.
Задача распределения запасов	Предполагает, что маршруты доставки грузов транспортными средствами predeterminedены и задача заключается в том, как разместить запасы розничным продавцам.
Задача доставки и диспетчеризации	Предполагает, что транспортные средства назначены к определенным «маршрутам», то есть, множеству predeterminedенных клиентов с установленными количествами поставки по минимальной стоимости.

Таблица 2. 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

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 Тюрин, А.Ю. Модели транспортного обслуживания в цепях поставок пищевой промышленности // Вестник КузГТУ. – 2011. – №4. – С.89-92.
- 2 Dror M., Trudeau P. Savings by split delivery routing // Trans. Sci. – 1989. – 23. – P. 141-145.

□□ Авторы статьи:

Тюрин  
Алексей Юрьевич,  
канд. экон. наук, доц. каф.  
автомобильных перевозок КузГТУ.  
E-mail: [alexeturin07@rambler.ru](mailto:alexeturin07@rambler.ru)

Зырянов  
Владимир Васильевич,  
докт. техн. наук, проф., зав. каф.  
организации перевозок и дорожного дви-  
жения По130стовского гос. строительного  
ун-та. E-mail: [opdragsu@mail.ru](mailto:opdragsu@mail.ru)