

живать имеющийся ассортимент мебели, а может быть, и расширять его. Учет интересов сторон — производителей и общества — призван государственный заказ, содержащий необходимый минимум номенклатуры и ассортимента. Чтобы гарантировать включение в номенклатуру изделий, вошедших в госзаказ, хотя и не выгодных для производителей, в модель (1) — (3) вводится система ограничений [3].

$$B' \leq x_j \leq B^0, \quad j \in J, \quad (4)$$

где $B'^{(0)}$ — минимально (максимально) необходимый выпуск j -й продукции;

J — множество видов продукции, по которым устанавливается нижняя (верхняя) граница объема выпуска.

В приведенном в табл. 2 оптимальном варианте с ограничениями обеспечено наличие требуемых мебельных изделий. На эту продукцию накладывались так называемые ограничения сверху. Конъюнктура рынка динамична, поэтому подобные расчеты требуется производить достаточно оперативно, широко используя компьютерную технику. Соответственно предприятие должно внедрять гибкую технологию, позволяющую варьировать номенклатуру продукции применительно к меняющимся спросу и предложению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гейзлер П. С. Методические вопросы решения на ЭВМ задач комплексного использования древесного сырья // Лесн. журн.—1986.— № 1.— С. 99—104.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Петров А. П., Гейзлер П. С. Модель оптимизации комплексного использования сырья в лесоперерабатывающей промышленности // Экономические и математические методы.— 1976.— № 6.— С. 1189—1195. [3]. Формирование номенклатуры продукции в условиях рыночной экономики / Б. Н. Желиба, П. С. Гейзлер, Т. В. Авраменко, Е. Е. Сергеев // Деревообаб. пром-сть.— 1991.— № 3.— С. 15—17.

Поступила 7 февраля 1994 г.

УДК 630*892 : 658.286

Ю. А. ШУТОВА, А. И. СТАРШИНОВ

Шутова Юлия Александровна родилась в 1971 г., окончила в 1993 г. С.-Петербургский государственный университет. Аспирант кафедры моделирования экономических систем С.-Петербургского государственного университета.



Старшинов Анатолий Иванович родился в 1932 г., окончил в 1956 г. Московское высшее техническое училище им. Баумана, в 1962 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры прикладной математики — процессов управления С.-Петербургского государственного университета. Имеет более 40 печатных трудов в области математической статистики и теории массового обслуживания.



ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ В УСЛОВИЯХ СТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Построена модель процесса транспортировки древесной зелени как многофазовая система массового обслуживания с неограниченной очередью. За критерий оптимальности принят минимум функционала затрат на транспортировку, найдено оптимальное число каналов обслуживания для каждой фазы процесса.

The model of transportation process of woody green as a multi-phase system of mass service with unlimited line has been developed. Minimum of functional costs of transportation is taken as optimum criterion. The optimal number of service channels for each phase of the process has been determined.

Проблема транспортировки скоропортящейся продукции в лесной промышленности может показаться неактуальной. Но она все же возникает, например в процессе переработки древесной зелени (ДЗ), качество которой снижается до нуля за несколько суток.

Одним из наиболее важных критериев, сдерживающих увеличение производительности, а следовательно, и рентабельности цехов по производству витаминной муки, являются сырьевые ресурсы. Другой ограничивающий фактор — конкуренция с производством традиционных кормовых добавок, например травяной муки. Сравнение основных показателей качества этих видов муки [6, табл. 4.1] свидетельствует, что по содержанию каротина и сырого протеина витаминная мука из ДЗ значительно уступает травяной, хотя цены на первую выше [6, табл. 4.2]. Поэтому необходимо изыскивать пути снижения себестоимости витаминной муки, поскольку резервы для повышения ее качества почти исчерпаны.

Процесс доставки ДЗ с места ее произрастания до перерабатывающих предприятий можно разбить на этапы. Приведем некоторые из них: отделение зелени от свежесрубленных деревьев; сбор со всего участка вырубki; доставка на место предварительного измельчения; собственно изготовление древесной муки.

В зависимости от количества транспортных средств, погрузочно-разгрузочных устройств и других агрегатов, участвующих в процессе транспортировки, возникают очереди, пребывание в которых приводит к росту потерь собранной ДЗ из-за ухудшения ее качества. С другой стороны, увеличение числа агрегатов может вызвать повышение себестоимости витаминной муки вследствие потерь, связанных с простоем транспортных средств и оборудования (именуемых далее каналами обслуживания). Таким образом, возникает задача оптимального выбора числа обслуживающих агрегатов.

Для оптимизации транспортной задачи можно было бы применить методы линейного программирования, что возможно лишь в случае регулярных потоков продукции (когда потоки предсказуемы, т. е. величина потока известна и постоянна во всем интересующем нас интервале; время появления потока в канале и числа требований, поступающих в канал, также известны и постоянны).

Но нельзя забывать, что на процесс транспортировки влияет много случайных факторов, именно поэтому мы имеем дело с нерегулярными потоками, подразумевая под этим, что время поступления продукции на обслуживание неопределенно и непредсказуемо, как и число требований, поступающих на обслуживание. Ввиду случайности и нерегулярности природы таких потоков, для решения поставленной задачи мы применили методы теории вероятностей (ТВ) и теории массового обслуживания (ТМО).

Воспользуемся терминологией ТМО. Транспортируемые количества продукции являются заявками, транспортные средства и другие агрегаты процесса — каналами обслуживания, заявки однородны.

Простейший поток однородных событий имеет широкое распространение. Многие реально наблюдаемые потоки статистически не отличимы от простейшего. Данный факт, обнаруженный вначале как эмпирический, подтвержден рядом математических моделей, в которых при довольно общих условиях доказывалось, что поток близок к простейшему [3].

Интервал времени между двумя соседними заявками простейшего потока имеет показательное распределение:

$$f(t) = a e^{-at}, \quad t > 0, \quad (1)$$

где a — параметр потока, равный числу заявок в единицу времени.

Пусть все каналы обслуживания одинаковы и время обслуживания любого канала показательное:

$$g(t) = b e^{-bt}, \quad t > 0, \quad (2)$$

где b — величина, обратная среднему времени обслуживания.

При распределении (2) предложенная задача допускает простое решение, которое с удовлетворительной для практики точностью описывает ход интересующего нас процесса.

Весь процесс транспортировки рассматривается как многофазовая система массового обслуживания (СМО). При этом выходящий поток каждой предыдущей фазы будет входящим для каждой последующей [4, с. 52]. Параметры фаз независимы, поэтому процесс оптимизации проводится для отдельных фаз, каждая из которых рассматривается как одно- или многоканальная СМО с неограниченной очередью. Фаза обслуживания здесь состоит из одной последовательной погрузки продукции, ее обработки или перевозки и следующей за ней выгрузки.

Критерием оптимальности синтеза СМО является функционал, подчитывающий прибыль.

Для решения задачи максимизации прибыли решаем задачу минимизации затрат на транспортировку с учетом ухудшения со временем качества продукции (от сбора до переработки), а также на эксплуатацию оборудования и его простои.

Для фазы j мы получили функционал затрат c_j :

$$c_j = c_{sj} t_j a_j T + [c_{wj} (n_j - k_j) + c_{rj} k_j] T, \quad (3)$$

c_{sj} , c_{wj} , c_{rj} — потери, связанные соответственно с пребыванием заявки в системе (т. е. ухудшением качества продукции), с простоем канала обслуживания и его эксплуатацией;

t_j — среднее время пребывания заявки в системе;

a_j — среднее число заявок в единицу времени;

T — рассматриваемый период времени;

n_j — число каналов обслуживания на фазе j ;

k_j — среднее число занятых обслуживанием каналов.

Входной поток заявок в СМО является интенсивностью сбора продукции (ДЗ), измеряемой числом единиц массы в единицу времени.

Далее функционал (3) преобразуем с помощью известных формул ТМО [1, 2]:

$$c_j = \left\{ c_{sj} \left[\frac{x_j p_j^{n_j} n_j! (1 - x_j)}{\sum_{s=0}^{n_j} p_j^s / s! + \frac{p_j^{n_j}}{n_j! (1 - x_j)}} + p_j \right] + c_{wj} (n_j - k_j) + c_{rj} k_j \right\} T, \quad (4)$$

где $x_j = p_j/n_j$; $p_j = a_j/b_j$.

Для решения данной задачи необходимо выполнить условие

$$p_j < n_j, \quad (5)$$

иначе будем иметь дело с неограниченно возрастающим числом заявок в очереди.

Итак, получен искомый функционал (4), минимизируя который, можно оптимизировать процесс транспортировки скоропортящейся продукции. Метод минимизации функционала (4) прост и состоит в последовательном переборе (при помощи разработанной авторами программы) значений числа каналов обслуживания при условии (5), а также использовании вполне очевидного ограничения наших реальных возможностей (например, при имеющихся в данный момент в распоряжении 10 единицах транспорта мы не можем назначить на работу 11 единиц).

Разработанная авторами программа позволяет находить также такие важные характеристики эффективности работы СМО, как среднее число заявок в очереди, среднее число занятых обслуживанием каналов в зависимости от изменения параметров процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятностей.— М.: Радио и связь, 1983.— 416 с. [2]. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания.— М.: Наука, 1979.— 431 с. [3]. Ивченко Г. И., Каштанов В. А., Коваленко И. Н. Теория массового обслуживания.— М.: Высш. шк., 1982.— 215 с. [4]. Скитович В. П. Элементы теории массового обслуживания.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1976.— 96 с. [5]. Ягодин В. И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.

Поступила 12 апреля 1994 г.