

УДК 330.4(075.8)

Л.С. Качанова, канд. техн. наук, доцент

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

## МОДЕЛИ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Теория массового обслуживания (МО) возникла в начале XX в. в связи с необходимостью анализа процессов образования очередей. Многие экономические задачи связаны с системами МО, предназначенными для обслуживания некоторых потоков требований, поступающих в случайные моменты времени. В сфере АПК менеджеру-экономисту приходится решать задачи по: обслуживанию покупателей в сфере розничной торговли; ремонту аппаратуры, машин и механизмов, находящихся в эксплуатации; транспортному обслуживанию; обработке документов в системе управления и т. д.

Модели массового обслуживания эффективно используют для обоснования рекомендаций по рациональной организации работы систем массового обслуживания (СМО). Элементами СМО являются входящий поток заявок, очередь, поток необслуженных заявок, каналы обслуживания, выходящий поток обслуженных заявок. Их сущность такова [1]:

- требование (заявка) — это каждый отдельный запрос на выполнение какой-либо работы или удовлетворение потребности, например: отпуск товара в магазине, разгрузка машины с грузом, ремонт холодильных установок мясокомбината, контроль готового изделия и т. д.;
- очередь — это совокупность или скопление требований, ожидающих обслуживания;
- каналы обслуживания — это технические устройства или персонал, выполняющий соответствующие функции (т. е. продавцы, кассиры, мастера по ремонту оборудования, бензоколонки, элеваторные весы, линии по переработке сырья и т. д.);
- поток входных требований (заявок) — это последовательность однородных событий, следующих одно за другим в какие-то случайные моменты времени. Если требования поступают через определенные равные промежутки времени, то поток называется регулярным. Однако такие потоки встречаются редко, тогда как в экономической практике они обычно нерегулярные и случайные.

Совокупность, в которой последовательно связаны поток требований, очередь и каналы обслуживания, представляет собой СМО (рис. 1).

На основе математических моделей СМО исследуются количественные связи между числом каналов обслуживания, их производительностью, режимом работы, характеристиками входящего потока требований

и показателями (критериями) эффективности функционирования систем. Так как применяемых критериев много, то задачи оптимизации в теории массового обслуживания являются многокритериальными.

Например, необходимо исследовать входящий поток требований, процесс обслуживания и определить, при каком числе каналов обслуживания (т. е. продавцов, кассиров, мастеров и др.) суммарные издержки, обусловленные пребыванием требований в очереди и простоем каналов обслуживания, будут минимальными. В качестве критерия эффективности функционирования СМО может быть принят минимум потерь времени на пребывание в очереди. В этом случае режим функционирования СМО, в частности число каналов обслуживания, выбирается из условия практической достоверности того, что время пребывания требований в очереди не превосходит некоторой заданной величины.

Системы массового обслуживания разделены на типы по ряду признаков. В зависимости от условий ожидания начала обслуживания различают: а) СМО с отказами (потерями); б) СМО с ожиданием (очередью).

Методы и модели, применяемые в теории МО, можно условно разделить на аналитические и имитационные. Аналитические методы позволяют получить характеристики системы как некоторые функции параметров ее функционирования.

В последнее время наиболее удобны в практических расчетах методы решения задач, в которых входящий поток требований является простейшим. Для простейшего потока частота поступления требований в систему подчиняется распределению Пуассона [1]:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t},$$

где  $P_k(t)$  — вероятность того, что на интервале за время  $t$  будет  $k$  требований;  $\lambda$  — интенсивность входящего по-



Рис. 1. Графическое изображение СМО

тока, т. е. среднее число требований, поступающих в систему в единицу времени;  $\lambda t$  — среднее число требований, поступающих за время  $t$ .

Важной характеристикой СМО является время обслуживания требований в системе. Как правило, время обслуживания — случайная величина. Например, кассир в магазине обслуживает каждого покупателя за различное случайное время, зависящее от большого числа факторов, одним из которых является количество потоков. Наибольшее распространение в практических приложениях получил показательный закон распределения времени обслуживания. Функция распределения для этого закона имеет вид:

$$F(t) = e^{-\mu t},$$

т. е. вероятность того, что время обслуживания не превосходит некоторой величины  $t$ , определяется данной формулой. Данная величина обратная по отношению к среднему времени обслуживания  $\bar{t}_{об}$ :  $\mu = 1/\bar{t}_{об}$ . Во всех практических расчетах как входящие потоки, так и распределения вероятностей длительности обслуживания никогда не бывают известны с абсолютной точностью. О них приходится делать заключения либо на основании статистических данных, либо на базе некоторых теоретических соображений.

Рассмотрим типичную постановку задачи, решаемой с помощью теории массового обслуживания. Известными величинами являются заданный входящий поток требований, дисциплина обслуживания и закон распределения времени обслуживания. Требуется оценить качество и эффективность функционирования СМО и выявить возможность их улучшения.

Практический интерес представляют те задачи, с помощью которых определяются оптимальные показатели вновь создаваемых СМО.

Рассмотрим предприятие, занимающееся автотранспортным обслуживанием, которое оборудовало в одном из своих филиалов пункт технической профилактики автомобилей. На данном участке первоначально трудилось двое работников, и статистика показала, что время обслуживания подчиняется экспоненциальному закону. При этом в среднем в течение смены каждый из механиков успевал провести определенную техническую работу для 10 автомобилей. Так как общее число машин, находящихся в эксплуатации, велико, то они независимо одна от другой в различное время требуют осмотра и профилактического ремонта. Установлено, что в среднем в течение рабочего дня в пункт обращается 20 человек, причем если механики заняты, автотранспортные средства доставляют в другую фирму.

Планово-экономический отдел рассматривает вопрос о целесообразности дополнительного при-

влечения механиков с установкой соответствующего оборудования в пункт технического осмотра на следующий месяц (25 рабочих дней). Известно, что стоимость простоя обслуживающего канала (т. е. зарплата персоналу, аренда оборудования и т. д.) составляет в день  $30 + 2K$  усл. ден. ед. В то же время каждое необслуженное транспортное средство приносит потери в количестве  $50 - 4K$  усл. ден. ед. Необходимо определить оптимальное число работников в предстоящий месяц для рассматриваемой системы массового обслуживания.

Рассмотрим вариант при  $K = 0$ . Изучаемая система является многоканальной СМО с отказами, для которой первоначальное число каналов  $n = 2$ ; интенсивность входящего потока  $\lambda = 20$ ; интенсивность потока обслуживания или производительность канала  $\mu = 10$ . Определим интенсивность на-

грузки системы  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{20}{10 - 2}$ . Найдем вероятность

того, что система свободна (для  $n = 2$ ) по формуле

$$P_0 = \left[ 1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1} = \left[ 1 + \frac{2}{1} + \frac{2^2}{1 \cdot 2} \right]^{-1} = 0,2.$$

Вероятность того, что заявка, поступившая в систему, получит отказ:

$$P_{отк} = \frac{\rho^n}{n!} P_0 = \frac{2^2}{1 \cdot 2} \cdot 0,2 = 0,4.$$

Далее рассчитаем по формулам: относительная пропускная способность системы:  $Q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,4 = 0,6$ ; абсолютная пропускная способность:  $A = \lambda Q = 20 \cdot 0,6 = 12$ ; среднее число занятых кана-

лов:  $\bar{N}_3 = \frac{A}{\mu} = \rho Q = 2 \cdot 0,6 = 1,2$ ; среднее число про-

стаивающих каналов:  $\bar{N}_n = n - \bar{N}_3 = 2 - 1,2 = 0,8$ .

Для СМО с потерями (отказами) необходимо рассчитать функцию потерь  $G_n$  за определенный интервал времени  $T$ ;

$$G_n = (g_{нк} \bar{N}_n + g_y P_{отк} \lambda) T,$$

где  $g_{нк}$  — стоимость единицы времени простоя обслуживающего канала;  $g_y$  — величина потерь, связанных с уходом из системы одного требования.

При фактическом количестве обслуживаемых работников функция издержек:  $G_n = (30 \cdot 0,8 + 50 \cdot 0,4 \cdot 20) 25 = 10\ 600$ . Увеличим число механиков и проведем аналогичные расчеты: если  $n = 3$ , то  $G_n = 6315$ ; если  $n = 4$ , то  $G_n = 4018$ ; если  $n = 5$ , то  $G_n = 3231$ ; если  $n = 6$ , то  $G_n = 3318$ . Таким обра-

зом, для рассматриваемой системы массового обслуживания оптимальное число работников равно 5.

Как видно из представленного материала расчет модели СМО для предприятий АПК представляет длительную и громоздкую процедуру. С 1997 г. разработана надстройка к MS Excel, которая называется Queue Mods.xla [2, 3].

Эту надстройку можно использовать как обычный файл MS Excel с макросами, но удобнее всего добавить ее в список надстроек MS Excel. Чтобы использовать Queue Mods.xla как надстройку, следует переписать ее в папку, где содержатся стандартные надстройки MS Excel. Обычно это папка C:\Program files\Microsoft Office\Office\Library (в ней же можно увидеть и папку с надстройкой Поиск решения — Solver.xla). В зависимости от конкретной версии MS Office и процедуры установки названия папок могут немного отличаться. Например, в XP версии Microsoft Office это будет ... \Office10\Library, а в MS Office 2003 — ... \Office11\Library.

После того как переписали файл в папку Library, следует вызвать в MS Excel меню Сервис \Настройка... (Tools\Add-In... в английской версии) и отметить галочкой появившуюся в списке надстроек новую надстройку Queue Mods.

В результате этого в меню Сервис добавится новая строка Расчет параметров СМО... (Tools\ Queue systems — в английской версии офиса). Сама надстройка двуязычная, в русской версии офиса она запускается с русским интерфейсом и выводом, в английской — автоматически переключается на английский интерфейс и вывод.

Надстройка корректно работает в версиях MS Office 97, 2000, XP и 2003. Кроме строки меню на инструментальной панели появляется дополнительный значок, который удобно использовать для быстрого запуска надстройки.

Данная надстройка предусматривает расчет модели массового обслуживания с неограниченной (рис. 2) и ограниченной очередью (рис. 3).

Модели массового обслуживания в сочетании с экономической постановкой задач позволяют про-

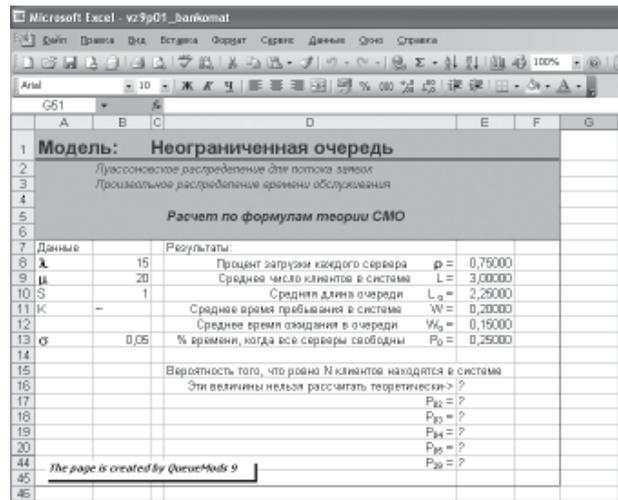
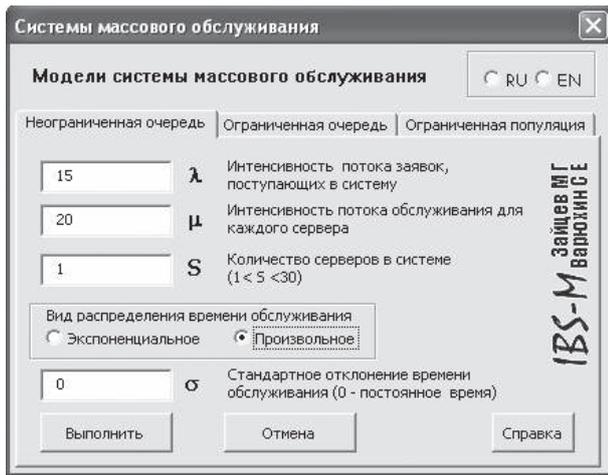


Рис. 2. Модель СМО с неограниченной очередью

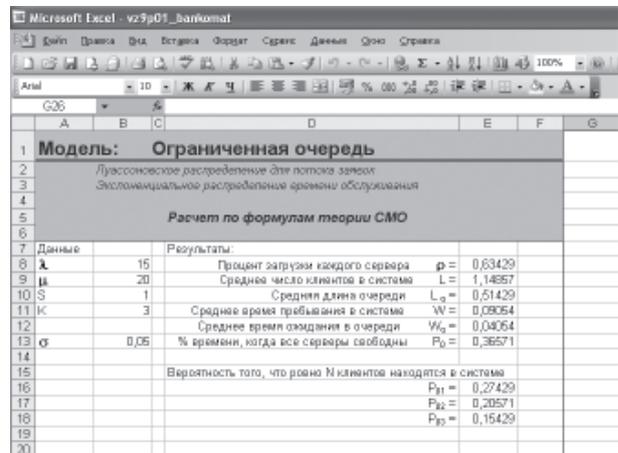
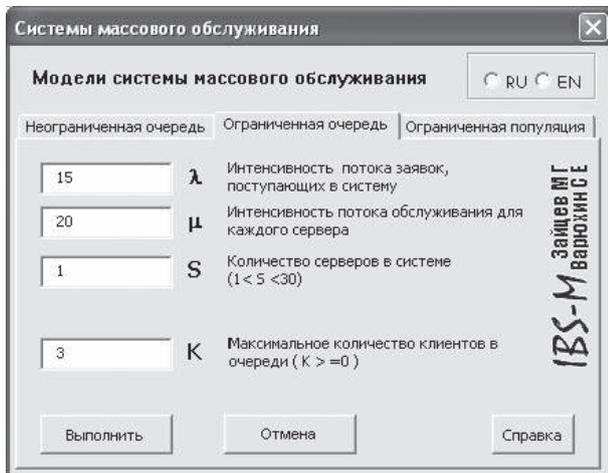


Рис. 3. Модель СМО с ограниченной очередью

водить анализ существующих СМО, разрабатывать рекомендации по их реорганизации для повышения эффективности работы, а также определять оптимальные показатели вновь создаваемых СМО.

#### Список литературы

1. Колеснев, В.И. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности предприятий АПК:

учеб. пособие / В.И. Колеснев. — Минск: ИВЦ Минфина, 2009. — 264 с.

2. Зайцев, М.Г. Методы оптимизации управления для менеджеров: компьютерно-ориентированный подход: учеб. пособие. — М.: Дело, 2007. — 304 с.

3. Зайцев, М.Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: учеб. пособие / М.Г. Зайцев, С.Е. Варюхин. — М.: Изд-во «Дело» АНХ, 2008. — 664 с.

УДК 65.015.13: 631.35; 633.791 (470.344)

*О.Г. Каратаева, ст. преподаватель*

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ХМЕЛЕВОДСТВА ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**И**нновационное развитие предусматривает рост экономики преимущественно за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, обеспечивающего долгосрочный экономический рост путем реализации научно-технических инноваций при значительном увеличении эффективности вложения капитала и уменьшении затрат труда.

Основным источником инновационных моделей развития аграрного сектора экономики являются научные разработки и их технологическое использование.

Рынок хмеля в большей степени определяют тремя крупнейшими странами: США, Германией и Китаем. США и Германия производят 70% хмеля.

В основных хмелепроизводящих странах хмелеводство ведется очень эффективно и на высоком научно-техническом уровне. При относительно больших объемах производства достигнута исключительно высокая продуктивность хмельников, обеспечивающая этим странам конкурентоспособность на мировом рынке и окупаемость инвестиции в производстве.

Хмелеводство России находится в плачевном состоянии, хмель практически не возделывается. На сегодняшний день из существующих хмелеплантаций по России они составляют 1808 га, по Чувашии 1520 га (Чувашия была главным производителем хмеля, этому способствуют природно-климатические условия), плодоносящие площади хмельников по России — 303 га, а в Чувашии — всего лишь 182 га. Хмель — трудоемкая сельскохозяйственная культура. Затраты труда на 1 га производственных хмельников составляет 200...300 чел.-дн., из которых около половины приходится на уборку хмеля.

Увеличение производства хмеля зависит от роста урожайности и улучшения качества конечной

продукции (с учетом биологических особенностей). Для этого необходимо внедрять новые инновационные методы на основе интенсивной технологии производства хмеля, которая разработана ГНУ НИПТИХ. Интенсивная технология возделывания хмеля с применением комплекса машин позволяет сократить трудозатраты с 500...600 до 180 чел.-дн. на 1 га, способствуют повышению урожайности шишек хмеля на 30...40% и качества — на 15...20% за счет своевременного проведения агротехнических мероприятий.

Послеуборочная обработка — одна из наиболее ответственных технологических операций для сохранения количества и особенно качества основных веществ свежесобранного хмеля.

В качестве сырья для пивоваренной промышленности и других отраслей народного хозяйства используют не только шишки, но и выработанные из них брикеты, гранулы, экстракты масла. Эта обработка предусматривает предварительную сушку свежесобранного хмеля, кондиционирование высушенных шишек по внешности, плотное прессование в упаковку (см. рисунок).

Но при этой технологии не используется зеленая масса, стебли хмеля, что не позволяет извлекать эфирные масла.

Подсчитано, что если взять цену хмеля-сырца за единицу, то получение дистиллята при вакуумной сушке, содержащего множество ценных веществ, теряемых при традиционной конвективной сушке, увеличивает цену хмеля в 1,5 раза, получение эфирных масел — до 8 раз и получение лекарственных препаратов, парфюмерной и косметических составляющих — более чем в 20 раз. Данная схема является практически безотходной. За основу взяты имеющиеся оборудование и конструкторские разработки ЦНИИ «Буревестник» (г. Нижний Новгород).