УДК 519.872.8, 339.1, 658
JEL C15, C60, C61, M21

Ю. В. Княжева

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева
Московское шоссе, 34, Самара, 443086, Россия

julia_skr_2008@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЧИСЛЕННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рыночная экономика обуславливает необходимость развития экономического анализа в первую очередь на микроуровне, т. е. на уровне отдельных предприятий, так как именно предприятия составляют основу рыночной экономики. Поэтому совершенствование системы массового обслуживания (СМО) торгового предприятия является важной экономической проблемой. Аналитические решения задач массового обслуживания, описанные в теории, не отвечают реальным условиям функционирования СМО. Поэтому в статье посредством численного статистического имитационного моделирования СМО торгового предприятия производится оптимизация процесса обслуживания покупателей и совершенствование системы расчетно-кассового обслуживания на торговом предприятии. Представлена комплексная статистическая имитационная модель СМО торгового предприятия, работающего в нестационарных условиях при различных законах распределения входного потока, позволяющая учитывать поток выхода из очереди покупателей с различной психологией, включающей модели обслуживания на кассе, учитывающую интенсивность работы оператора, модели стимулирования операторов, а также модели получения и оптимизации прибыли торгового предприятия с учетом возможной выручки и издержек. Созданная статистическая имитационная модель СМО торгового предприятия, при ее реализации в подходящей программной среде, позволяет проводить оптимизацию наиболее значимых параметров системы. А при разработке удобного программного интерфейса данная модель может быть составной частью системы поддержки принятия решений для рационализации организационной структуры (в зависимости от масштаба) и оптимизации управления торговым предприятием.

Ключевые слова: система массового обслуживания, модель, закон распределения, нестационарность, очередь, прибыль, торговое предприятие.

Современный уровень требований, предъявляемых к рыночной экономике, стимулирует использование более эффективных методов анализа ее теоретических и практических проблем. В последние десятилетия значительный вес в экономических исследованиях приобрели математические методы. Одним из важных разделов экономико-математического моделирования является теория массового обслуживания, представляющая собой теоретические основы комплекса вопросов эффективности конструирования и эксплуатации систем обслуживания потока заявок.

Известные аналитические решения задач массового обслуживания, широко применяемые на практике, описывают стационарный период работы системы и построены исключительно с использованием пуассоновского потока событий. Необходимость анализа вида закона распределения входного потока заявок и продолжительности переходных периодов во многих случаях определяется тем, что последние могут составлять существенную часть рабочего периода системы, а закон распределения входного потока заявок может оказывать значи-

Княжева Ю. В. Повышение эффективности системы массового обслуживания торгового предприятия посредством численного статистического моделирования // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2014. Т. 14, вып. 2. С. 83–100.

тельное влияние на статистические характеристики выходных параметров системы массового обслуживания. Поэтому, не учитывая период нестационарности и влияние вида закона распределения входного потока заявок, невозможно оптимизировать рабочие характеристики системы в целом. Как следствие, актуальность данной темы исследования обусловлена необходимостью разработки инструментальных средств моделирования, анализа и оптимизации нестационарных систем массового обслуживания, обеспечивающих повышение их эффективности с учетом реальных условий функционирования.

В статье представлена статистическая численная имитационная модель СМО торгового предприятия работающей в нестационарных условиях. Составной частью этой модели являются: модель поведения покупателя в СМО торгового предприятия (модель входного потока, модель потока уходов, модель обслуживания покупателей, модель прикассовой зоны); многовариантная математическая модель стимулирования операторов СМО торгового предприятия; модель издержек СМО торгового предприятия; модель процесса получения и оптимизации прибыли в СМО торгового предприятия.

Модель входного потока

Рассматривается модель входного потока заявок торгового предприятия, которая определяется зависимостью интенсивности входного потока от времени $\lambda_g(t)$ ($g=\overline{1, period}$) при определенной средней интенсивности λ, т. е. в качестве исходных данных используется значение средней интенсивности входного потока λ и статистическая информация, отражающая изменение интенсивности входного потока покупателей в течение дня (*period* – период работы магазина в днях).

В теории массового обслуживания, как правило, определяется, что заявки поступают в систему согласно экспоненциальному закону с интенсивностью входного потока заявок λ, не зависящей от времени *t*. Промежуток времени между поступлениями заявок ξ есть непрерывная случайная величина, имеющая показательное распределение с параметром $\lambda > 0$. ξ принимает только неотрицательные значения, а ее плотность $f_\xi(x)$ и функция распределения $F_\xi(x)$ соответственно имеют вид

$$f_\xi(x)=\begin{cases}\lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0,\\ 0, & x<0;\end{cases} \tag{1}$$

$$F_\xi(x)=\begin{cases}0, & x \leq 0,\\ 1-e^{-\lambda x}, & x>0,\end{cases} \tag{2}$$

где λ – интенсивность входного потока, чел./ч.

Математическое ожидание случайной величины ξ связано с интенсивностью входного потока соотношением

$$M_\xi=\frac{1}{\lambda}.$$

Дисперсия случайной величины ξ также определяется интенсивностью входного потока

$$D_\xi=\frac{1}{\lambda^2}.$$

На практике интенсивность входного потока торгового предприятия не является постоянной величиной, она меняется в течение дня (утро, день, вечер, ночь), недели (выходные, будни) и месяцев данного года. Эти изменения связаны с периодом поступления денежных средств, например получение заработной платы, и с сезонными колебаниями спроса (изменение интенсивности потребления в течение года) [1]. В данной статье рассмотрены изменения интенсивности в течение дня и в течение недели.

Для исследования интенсивности входного потока собрана статистическая информация, отражающая изменение интенсивности входного потока покупателей в течение дня и в зависимости от дня недели $y_{1g}, y_{2g}, \ldots, y_{Ng}$ для конкретного торгового предприятия. Время в течение каждого дня недели изменяется от 0 до 24 часов $t_1, t_2, \ldots, t_N$, $N=25$.

Аппроксимация полученных статистических данных осуществляется при помощи интерполяционного кубического сплайна $S_g(t)$ кусочно-полиномиальной формы с заданием краевых условий, т. е. на каждом участке $[t_j, t_{j+1}]$ с номером j приближающая функция $S_g(t)$ представляется в виде полинома

$$P_j(t) = \sum_{i=0}^{k-1} a_i^{(j)} (t - t_j)^i, \; k - 1 = 3.$$

Краевые условия заключаются в условии периодичности, т. е. совпадение значений первой и второй производных на границах промежутка $[t_1, t_N]$.

Построение сплайна сводится к определению множества коэффициентов a_i^j посредством решения систем линейных уравнений. Интерполяционный сплайн $S_g(t)$ строится таким образом, чтобы для таблично заданной функции y_g выполнялось условие интерполяции $S_g(t_i) = y_g(t_i), \; i = 1, \ldots, N$.

Для получения конкретной зависимости интенсивности входного потока от времени $\lambda_g(t)$ при определенной средней интенсивности λ необходимо полученный сплайн $S_g(t)$ умножить на среднюю интенсивность и поделить его на среднее значение самого сплайна $\overline{S}_g(t)$ (4):

$$\lambda_g(t) = \frac{\lambda}{\overline{S}_g(t)} \cdot S_g(t), \tag{3}$$

$$\overline{S}_g(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N} S_g(t_i)}{N}, \tag{4}$$

где λ – фактическая средняя интенсивность входного потока в течение дня, чел./ч.

Предлагаемая модель входного потока предполагает, что время между поступлениями заявок ξ есть непрерывная случайная величина, которая может быть распределена согласно различным законам распределения, таким как экспоненциальный закон, закон Пуассона, нормальный закон, равномерный закон.

На практике вид закона распределения входного потока, а точнее вероятность соответствия наблюдаемых результатов определенному закону распределения, оценивают при помощи критериев согласия, например, критерий согласия Пирсона можно использовать для любых теоретических законов распределения, в отличие от критерия согласия Колмогорова – Смирнова, который используется для определения вероятности соответствия наблюдаемых результатов нормальному закону распределения [2].

Модель потока уходов

В теории массового обслуживания ожидание описывается так: если в момент поступления заявки в систему имеется хотя бы один свободный канал, он немедленно начинает обслуживать поступившую заявку; если же все каналы заняты, то вновь прибывшая заявка становится в очередь за всеми теми заявками, которые поступили раньше и еще не начали обслуживаться [3]. В данной работе время ожидания r-й заявки для g-го дня работы магазина $t_{r,g}^{отказ}$ считается случайной величиной, распределенной по показательному закону с параметром $\nu_{r,g} > 0$, $t_{r,g}^{отказ}$ принимает только неотрицательные значения, а ее плотность $f_{t_{r,g}^{отказ}}(x)$ и функция распределения $F_{t_{r,g}^{отказ}}(x)$ вычисляются следующим образом:

$$f_{t_{r,g}^{отказ}}(x) = \begin{cases} \nu_{r,g} \cdot e^{-\nu_{r,g} \cdot x}, & x \ge 0, \\ 0, & x < 0, \end{cases} \quad r = \overline{1, N_g}, \;\; g = \overline{1, period};$$

$$F_{t_{r,g}^{отказ}}(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0, \\ 1 - e^{-\nu_{r,g} \cdot x}, & x > 0, \end{cases} \quad r = \overline{1, N_g}, \;\; g = \overline{1, period},$$

где

$t_{r,g}^{отказ}$ – максимально возможное время ожидания r-й заявки в очереди для g-го дня работы магазина («свое время»), ч;

$\nu_{r,g}$ – интенсивность потока необслуженных заявок в момент поступления r-й заявки для g-го дня работы магазина, чел./ч;

N_g – число заявок, поступивших за g-й день работы магазина, чел.;

period – период работы магазина, день.

В данной работе рассматривается изменение интенсивности потока необслуженных заявок $\nu_{r,g}$ в зависимости только от длины очереди $F_{r,g}^{очер}$ на момент поступления очередной заявки.

Для исследования интенсивности потока необслуженных заявок собирается статистическая информация, отражающая изменение интенсивности потока необслуженных заявок в зависимости от длины очереди около каждой кассы (в среднем) торгового предприятия.

Аппроксимация полученных статистических данных осуществляется при помощи экспоненциальной линии тренда с использованием метода наименьших квадратов

$$\nu_{r,g} = c \cdot e^{b \cdot F_{r,g}^{очер}}, \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period}, \tag{5}$$

где

c, b – константы;

e – основание натурального логарифма;

$F_{r,g}^{очер}$ – число человек в очереди около данной кассы в момент поступления r-й заявки для g-го дня работы магазина, чел.

Существует такое значение длины очереди F^*, при котором покупатель покидает магазин сразу (при входе), как только видит людей у каждой кассы большее, чем F^*. Значение F^* определяется по статистическим данным. Чем ниже F^*, тем больше «текучка» в очереди, причиной которой может являться наличие подобных магазинов в непосредственной близости от исследуемого торгового предприятия. Следовательно, формула (5) справедлива только при $0 \le F^{очер} < F^*$. График зависимости интенсивности потока необслуженных заявок ν от длины очереди $F^{очер}$ около конкретной кассы представлен на рис. 1.

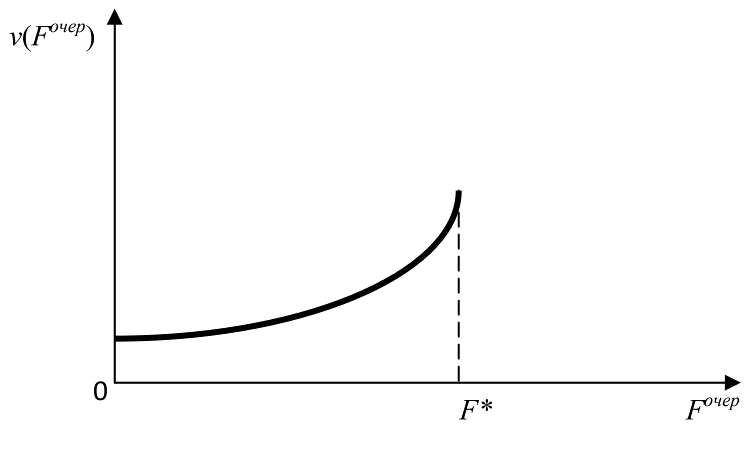

Рис. 1. График изменения интенсивности потока необслуженных заявок $\nu(F^{очер})$

В итоге время ожидания r-й заявки для g-го дня работы магазина $t_{r,g}^{отказ}$ представляет собой случайную величину, распределенную по показательному закону с параметром $\nu_{r,g} > 0$ только при условии, что среднее число человек около каждой кассы не превышает значения F^*, т. е. $0 \le F^{очер} < F^*$, в противном случае при $F^{очер} \ge F^*$ $t_{r,g}^{отказ} = 0$.

Исходя из особенностей поведения покупателей в очереди в данной работе рассматривается две разновидности модели потока уходов, которые различаются способом определения интенсивности потока необслуженных заявок $\nu_{r,g}$.

1. «*Терпеливые*» *покупатели*: $\nu_{r,g}$ – является входным параметром модели и представляет собой некоторую среднюю величину, определяемую по статистическим данным.

2. «*Нетерпеливые*» *покупатели*: $\nu_{r,g}$ – рассчитывается по формуле (5).

Неудовлетворенность покупателя в обслуживании сказывается на его поведении при последующем посещении магазина. Также на интенсивность посещения магазина покупателем могут влиять не связанные с СМО данного магазина события, к примеру, появление в непосредственной близости нового подобного магазина.

Предполагая среднесрочное моделирование обслуживания, не будем касаться вопросов полного отказа от обслуживания в данном торговом предприятии.

Модель обслуживания покупателей

Модель обслуживания покупателей в СМО торгового предприятия, предлагаемая в данной работе, строится с использованием следующих характеристик:

1) число обслуженных заявок q, чел.;

2) число отказов s, чел.;

3) число человек в очереди $F^{очер}$, чел.;

4) фактическое время ожидания заявки в очереди $t^{ожид}$, ч;

5) время пребывания заявки в смо $t^{преб}$, ч;

6) время закрытия дверей $t^{закр}$, ч.

Исходными данными этой модели обслуживания являются:

1) количество касс в СМО торгового предприятия n, шт.;

2) средняя интенсивность входного потока заявок λ, чел./ч;

3) средняя интенсивность потока обслуживания μ, чел./ч;

4) режим работы торгового предприятия в течение дня (время открытия t_1, время закрытия t_2, ч);

5) минимальное и максимальное время наполнения корзины покупателем $nap\_\min$ и $nap\_\max$ соответственно, мин;

6) период работы *period*, день.

Время поступления r-й заявки $t_{r,g}^{пост}$ для g-го дня работы магазина определяется формулой

$$t_{r,g}^{пост} = T_1 + \sum_{i=1}^{r} t_{i,g} \text{ при } t_{r,g}^{пост} < T_2,\ r = \overline{1, N_g},\ \ g = \overline{1, period}, \tag{6}$$

где

r – порядковый номер заявки;

$t_{i,g}$ – промежуток времени между поступлениями заявок, ч;

N_g – число заявок, поступивших за g-й день работы магазина, чел.

Ограничение в виде неравенства в формуле (6) означает, что заявки в течение дня поступают в систему до момента закрытия магазина T_2

$$t_{i,g} = t_{r,g} \text{ при } i = r,$$

где $t_{r,g}$ – непрерывная случайная величина, имеет показательное распределение с параметром $\lambda_{r,g}(t) > 0$, $t_{r,g}$ принимает только неотрицательные значения, а ее плотность и функция распределения вычисляются по формулам (1) и (2) соответственно

$$\lambda_{r,g}(t) = \begin{cases} \lambda_{r,g}(T_1) \text{ при } r = 1, \\ \lambda_{r,g}(t_{r-1,g}^{пост}) \text{ при } r = \overline{2, N_g}, \end{cases},\ g = \overline{1, period},$$

где $\lambda_{r,g}(T_1)$, $\lambda_{r,g}(t_{r-1,g}^{пост})$ вычисляются по формуле (3).

Время наполнения корзины r-м покупателем, для g-го дня работы магазина, $t_{r,g}^{нап.кор}$ – случайная величина, имеющая непрерывное равномерное распределение на отрезке $[a,b]$, где $a,b\in\Re$, при $a = nap\_\min$ и $b = nap\_\max$. Плотность и функция распределения $t_{r,g}^{нап.кор}$ имеют соответственно вид (23), (24). При времени ожидания r-й заявки для g-го дня работы магазина равном нулю $t_{r,g}^{отказ} = 0$ время наполнения корзины для r-й заявки будет равно нулю $t_{r,g}^{нап.кор} = 0.$ Если $t_{r,g}^{отказ} = 0,$ то это означает, что покупатель, зайдя в магазин, увидел F^* человек в очереди около каждой кассы, развернулся и ушел, т. е. наполнение корзины не произошло.

Время обслуживания r-й заявки для g-го дня работы магазина $t_{r,g}^{обсл}$ – непрерывная случайная величина, имеет показательное распределение с параметром $\mu > 0,$ она принимает только неотрицательные значения, а ее плотность и функция распределения имеют соответственно вид (1), (2).

При моделировании *времени освобождения кассы* учитывалась следующая особенность поведения покупателей в очереди: покупатель подходит для обслуживания к той кассе, где очередь меньше.

При $r \le n$ справедлива формула

$$\begin{cases} t_{r,g}^{освоб} = T_1, \\ t_{q,g} = t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{обсл}, \quad r = \overline{1,N_g}, \quad g = \overline{1,period}, \quad q = \overline{1,n}, \\ q = r, \end{cases}$$

где

$t_{r,g}^{освоб}$ – время, когда одна из n касс освободилась и готова к обслуживанию r-й заявки;

q – порядковый номер кассы;

$t_{q,g}$ – время окончания обслуживания одной из N_g заявок q-й кассой.

При $r > n$ справедливы формулы

$$t_{r,g}^{освоб} = \min_q(t_{1,g}, \dots, t_{n,g}), \quad r = \overline{1,N_g}, \quad g = \overline{1,period}, \quad q = \overline{1,n}. \tag{7}$$

Из формулы (7) находим q – номер той кассы, которая освободится быстрее всех для обслуживания r-й заявки, время поступления которой равно $t_{r,g}^{пост}$. Затем подставляем индекс q в формулу (8)

$$t_{q,g} = \begin{cases} t_{r,g}^{освоб}, \quad при \quad (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{обсл}, \quad \text{при} \quad (9), \\ t_{r,g}^{освоб} + t_{r,g}^{обсл}, \quad \text{при} \quad (10), \end{cases} \qquad r = \overline{1,N_g}, \quad g = \overline{1,period}, \quad q = \overline{1,n}; \tag{8}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) > t_{r,g}^{освоб}; \end{cases} \tag{9}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \le t_{r,g}^{освоб}. \end{cases} \tag{10}$$

Число обслуженных заявок. Обслуженной считается заявка, которую успели обслужить до окончания времени работы системы T_2.

$Q_{r,g}$ – число обслуженных заявок к моменту поступления r-й заявки $t_2 = t_{r,g}^{пост}$ для g-го дня работы магазина.

Число обслуженных заявок $Q_{r,g}$ с момента времени $t_1 = T_1$ до момента времени $t_2 = t_{r,g}^{пост}$ для g-го дня работы магазина вычисляется по формуле (11), при условии выполнения для i-й заявки одной из групп условий (12)–(15):

$$Q_{r,g} = \sum_{i=1}^{r-1} \frac{i}{i}, \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period}; \tag{11}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_1 \le t_{r,g}^{освоб} < t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{освоб} + t_{r,g}^{обсл}) \le t_2, \end{cases} \quad r = i; \tag{12}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_1 \le t_{r,g}^{освоб} < t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{освоб} + t_{r,g}^{обсл}) > t_2 \\ t_2 = T_2, \end{cases} \quad r = i; \tag{13}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_1 \le t_{r,g}^{освоб} < t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{обсл}) \le t_2, \end{cases} \quad r = i; \tag{14}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_1 \le t_{r,g}^{освоб} < t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \ge t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{обсл}) > t_2, \\ t_2 = T_2, \end{cases} \quad r = i. \tag{15}$$

Число обслуженных человек за g-й день работы магазина Q_g есть число обслуженных заявок с момента времени $t_1 = T_1$ до момента времени $t_2 = T_2$, вычисляется по формуле (16), при условии выполнения для i-й заявки одной из групп условий (12)–(15)

$$Q_g = \sum_{i=1}^{N_g} \frac{i}{i}, \quad g = \overline{1, period}. \tag{16}$$

Число обслуженных человек Q за период работы магазина *period* вычисляется как

$$Q = \sum_{g=1}^{period} Q_g, \quad g = \overline{1, period}.$$

Число отказов. Отказом считаются следующие ситуации: заявка поступила в СМО, попала в очередь и не дождалась начала обслуживания; заявка поступила в СМО, время работы системы закончилось, а обслуживание заявки так и не началось.

Число отказов $S_{r,g}$ с момента времени $t_1 = T_1$ до момента времени $t_2 = t_{r,g}^{пост}$ для g-го дня работы магазина, вычисляется по формуле (17), при условии выполнения для i-й заявки одной из групп условий (18)–(21):

$$S_{r,g} = \sum_{i=1}^{r-1} \frac{i}{i}, \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period}; \tag{17}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_1 \le t_{r,g}^{освоб} < t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) < t_{r,g}^{освоб}, \end{cases} \quad r = i; \tag{18}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_{r,g}^{освоб} \ge t_2, \\ t_2 = T_2, \end{cases} \quad r = i; \tag{19}$$

$$\begin{cases} t_1 \le (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_2, \\ t_{r,g}^{освоб} \ge t_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) < t_2, \end{cases} \quad r = i; \tag{20}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \ge t_2, \\ t_2 = T_2, \end{cases} \quad r = i. \tag{21}$$

Число отказов за g-й день работы магазина S_g есть число отказов с момента времени $t_1 = T_1$ до момента времени $t_2 = T_2$, вычисляется по формуле (22) при условии выполнения для i-й заявки одной из групп условий (18)–(21)

$$S_g = \sum_{i=1}^{N_g} \frac{i}{i}, \quad g = \overline{1, period}. \tag{22}$$

Число отказов S за период работы магазина $period$ вычисляется следующим образом:

$$S = \sum_{g=1}^{period} S_g, \quad g = \overline{1, period}.$$

Число человек в очереди, или длина очереди, – это количество человек, которое в данный момент времени стоит в прикассовой зоне и ждет начала обслуживания, плюс те, которые непосредственно обслуживаются.

Число человек в очереди $F_{r,g}^{очер}$ на момент поступления r-й заявки $t_2 = t_{r,g}^{пост}$, для g-го дня работы магазина, вычисляется по формуле

$$F_{r,g}^{очер} = r - Q_{r,g} - S_{r,g} - Q_{r,g}^{нап.кор.}, \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period},$$

где $Q_{r,g}^{нап.кор.}$ – число покупателей, наполняющих свои корзины на момент поступления r-й заявки $t_2 = t_{r,g}^{пост}$, для g-го дня работы магазина, вычисляется по формуле

$$Q_{r,g}^{нап.кор.} = \sum_{i=1}^{r-1} \frac{i}{i}, \quad \text{при} \quad \begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор.}) > t_2, \\ t_{r,g}^{пост} < t_2, \\ r = i, \end{cases} \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period}.$$

Среднее число человек в очереди для g-го дня работы магазина $F_g^{очер}$ вычисляется по формуле

$$F_g^{очер} = \frac{\sum_{r=1}^{N_g} F_{r,g}^{очер}}{N_g}, \quad r = \overline{1, N_g}, \quad g = \overline{1, period}.$$

Число человек в очереди $F^{очер}$ для одного дня работы магазина в среднем за период работы магазина $period$ вычисляется по формуле

$$F^{очер} = \frac{\sum_{g=1}^{period} F_g^{очер}}{period}, \quad g = \overline{1, period}.$$

Фактическое время ожидания r-й заявки в очереди $t_{r,g}^{ожид}$ – это время, которое заявка проводит в очереди в ожидании обслуживания, $t_{r,g}^{ожид}$ вычисляется по формуле

$$t_{r,g}^{ожид} = \begin{cases} t_{r,g}^{отказ} \text{ при (24)}, \\ t_{r,g}^{освоб} - t_{r,g}^{пост} - t_{r,g}^{нап.кор} \text{ при (25)}, \\ 0 \text{ при (26) или } (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \geq T_2, \\ T_2 - t_{r,g}^{пост} - t_{r,g}^{нап.кор} \text{ при (27)}, \end{cases} \quad r = \overline{1, N_g}, \; g = \overline{1, period}; \tag{23}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < T_2, \\ t_{r,g}^{освоб} < T_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) < t_{r,g}^{освоб}; \end{cases} \tag{24}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < T_2, \\ t_{r,g}^{освоб} < T_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < t_{r,g}^{освоб}, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор} + t_{r,g}^{отказ}) \geq t_{r,g}^{освоб}; \end{cases} \tag{25}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < T_2, \\ t_{r,g}^{освоб} < T_2, \\ (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) \geq t_{r,g}^{освоб}; \end{cases} \tag{26}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост} + t_{r,g}^{нап.кор}) < T_2, \\ t_{r,g}^{освоб} \geq T_2. \end{cases} \tag{27}$$

Фактическое время ожидания в очереди обслуженной заявки $t_{k,g}^{ожид.обсл}$ вычисляется при условии выполнения для r-й заявки одной из групп условий (12)–(15)

$$t_{k,g}^{ожид.обсл} = t_{r,g}^{ожид}, \; k = \overline{1, Q_g}, \; r = \overline{1, N_g}, \; g = \overline{1, period}.$$

Максимально возможное время ожидания в очереди обслуженной заявки $t_{k,g}^{отказ обсл}$ вычисляется при условии выполнения для r-й заявки одной из групп условий (12)–(15)

$$t_{k,g}^{отказ обсл} = t_{r,g}^{отказ}, \; k = \overline{1, Q_g}, \; r = \overline{1, N_g}, \; g = \overline{1, period}.$$

Среднее фактическое время ожидания заявки в очереди для g-го дня работы магазина $t_g^{ожид}$ вычисляется как

$$t_g^{ожид} = \frac{\sum_{r=1}^{N_g} t_{r,g}^{ожид}}{N_g}, \; r = \overline{1, N_g}, \; g = \overline{1, period}.$$

Фактическое время ожидания заявки в очереди для одного дня работы магазина $t^{ожид}$ в среднем за период работы магазина *period* вычисляется по следующей формуле:

$$t^{ожид} = \frac{\sum_{g=1}^{period} t_g^{ожид}}{period}, \; g = \overline{1, period}.$$

Время пребывания заявки в СМО $t_{r,g}^{преб}$ – это время, которое покупатель находится в магазине, вычисляется по формуле

$$t_{r,g}^{преб}=\begin{cases} t_{r,g}^{освоб}-t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{обсл} & \text{при (28) или (29)},\\ t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{отказ} & \text{при (30)},\\ t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{обсл} & \text{при (31) или (32)},\\ T_2-t_{r,g}^{пост} & \text{при (33) или } (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})\geq T_2, \end{cases} \quad r=\overline{1,N_g},\ \ g=\overline{1,period};$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}<T_2,\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{отказ})\geq t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{освоб}+t_{r,g}^{обсл})\leq T_2; \end{cases} \tag{28}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}<T_2,\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{отказ})\geq t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{освоб}+t_{r,g}^{обсл})>T_2; \end{cases} \tag{29}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}<T_2,\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{отказ})<t_{r,g}^{освоб}; \end{cases} \tag{30}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}<T_2,\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})\geq t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{обсл})\leq T_2; \end{cases} \tag{31}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}<T_2,\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})\geq t_{r,g}^{освоб},\\ (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор}+t_{r,g}^{обсл})>T_2; \end{cases} \tag{32}$$

$$\begin{cases} (t_{r,g}^{пост}+t_{r,g}^{нап.кор})<T_2,\\ t_{r,g}^{освоб}\geq T_2. \end{cases} \tag{33}$$

Среднее время пребывания заявки в СМО для g-го дня работы магазина $t_g^{преб}$ вычисляется следующим образом:

$$t_g^{преб}=\frac{\sum_{r=1}^{N_g}t_{r,g}^{преб}}{N_g},\ \ r=\overline{1,N_g},\ \ g=\overline{1,period}.$$

Время пребывания заявки в СМО для одного дня работы магазина $t^{преб}$ в среднем за период работы магазина *period* вычисляется по приведенной ниже формуле

$$t^{преб} = \frac{\sum_{g=1}^{period} t_g^{преб}}{period}, \quad g = \overline{1, period}.$$

Время закрытия дверей. Данный показатель используется для торговых предприятий, которые работают некруглосуточно. Время закрытия дверей $t_g^{закр}$ – это момент времени, когда прекращается поступление покупателей в магазин с целью успеть обслужить уже находящихся в магазине покупателей до его закрытия, т. е. до момента времени T_2. Своевременное закрытие дверей позволяет уменьшить число недовольных клиентов, находящихся внутри торгового предприятия. Время закрытия дверей для *g*-го дня работы магазина $t_g^{закр}$ вычисляется по следующим формулам:

$$t_g^{закр} = \begin{cases} t_2 = t_{r,g}^{пост} \text{ при } (34) \\ T_2 \qquad \text{при } \dfrac{r - Q_{r,g} - S_{r,g}}{n \cdot \mu} \le (T_2 - t_{r,g}^{пост}), \end{cases} \quad r = \overline{1, N_g}, \;\; g = \overline{1, period};$$

$$\begin{cases} \dfrac{r - Q_{r,g} - S_{r,g}}{n \cdot \mu} \le (T_2 - t_{r,g}^{пост}), \\ \dfrac{(r+1) - Q_{r+1,g} - S_{r+1,g}}{n \cdot \mu} > (T_2 - t_{r,g}^{пост}). \end{cases} \tag{34}$$

Время закрытия дверей $t^{закр}$ в среднем за период работы магазина *period* вычисляется по формуле

$$t^{закр} = \frac{\sum_{g=1}^{period} t_g^{закр}}{period}, \quad g = \overline{1, period}.$$

Модель прикассовой зоны

В розничной торговле прикассовая зона является одним из самых рентабельных мест в магазине, что связано с неизбежной посещаемостью этой зоны. В прикассовой зоне скрыты многочисленные резервы, которые можно использовать для увеличения оборота. Планировка собственно кассового узла может принести дополнительные 10–15 % к обороту.

В данной статье предлагается следующая модель выручки от продаж в прикассовой зоне:

$$V_{pz} = c \cdot \sum_{g=1}^{period} \left[\sum_{k=1}^{Q_g} K_{k,g} \right], \quad g = \overline{1, period},$$

где

$V_{pz} = V_{pz}(Q_g, K_g)$ – средняя выручка от продажи товаров в прикассовой зоне за период работы *period*, руб.;

$Q_g = Q(n, \lambda(t), \mu, \nu, T)$ – число обслуженных человек за *g*-й день работы магазина, чел.;

c – средняя цена единицы товара в прикассовой зоне, руб.;

$K_{k,g}$ – количество товаров, купленное *k*-м покупателем в прикассовой зоне за *g*-й день работы магазина, шт.

Полагаем, что между количеством товаров, купленных в прикассовой зоне *r*-м покупателем, который будет обслужен (т. е. *k*-м покупателем), $K_{k,g} = K(\upsilon)$, и скоростью прохождения прикассовой зоны этим покупателем $\upsilon_{k,g}$ существует полиномиальная зависимость второй степени:

$$K_{k,g} = a \cdot \upsilon_{k,g}^2 + b \cdot \upsilon_{k,g} + c, \;\; k = \overline{1, Q_g}, \;\; g = \overline{1, period},$$

где $\upsilon_{k,g}$ – скорость, с которой k-й покупатель проходит прикассовую зону, м/ч.

$$\upsilon_{k,g} = \frac{l}{t_{k,g}^{ожид.обсл}}, \;\; k = \overline{1, Q_g}, \;\; g = \overline{1, period},$$

где

l – длина прикассовой зоны, м;

$t_{k,g}^{ожид.обсл} = t^{ожид.обсл}(n, \lambda(t), \mu, \nu, T)$ – фактическое время ожидания в очереди k-го покупателя, ч;

Q_g, $t_{k,g}^{ожид.обсл}$ – определяется численным образом, являются дискретными функциями;

$K_{k,g} = K(\upsilon)$ – непрерывная функция, схематично представленная на рис. 2.

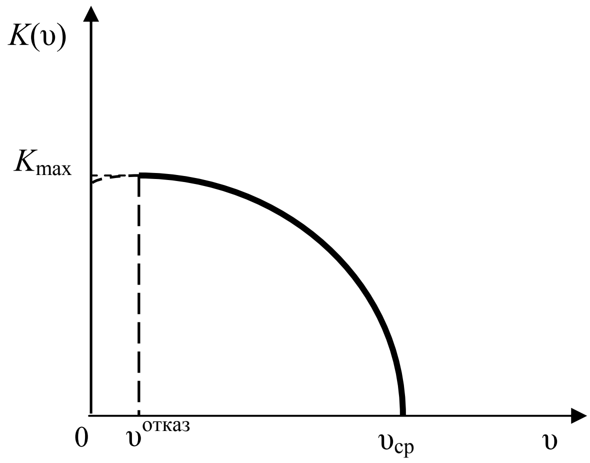

Рис. 2. Количество товаров,
купленных одним покупателем в прикассовой зоне

$\upsilon_{k,g}^{отказ}$ – скорость движения k-го покупателя в прикассовой зоне, при достижении которой покупатель покидает очередь, отказываясь тем самым от покупки выбранных им товаров, т. е. при $\upsilon_{k,g} \le \upsilon_{k,g}^{отказ}$, $K_{k,g} = 0$.

$$\upsilon_{k,g}^{отказ} = \frac{l}{t_{k,g}^{отказ\,обсл}}, \;\; k = \overline{1, Q_g}, \;\; g = \overline{1, period},$$

где $t_{k,g}^{отказ\,обсл}$ – максимально возможное время ожидания в очереди k-го покупателя, ч.

$\upsilon_{ср}$ – максимальная скорость движения покупателя или средняя скорость пешехода, равная 3 км/ч = 3 000 м/ч. С этой скоростью покупатель проходит прикассовую зону, если нет ни одного человека в очереди, и предполагается, что он не может взять ни один товар из прикассовой зоны, так как он целенаправленно идет к кассе (имеется в виду, что нет импульсных покупок, потому что на них просто нет времени, время обслуживания не входит во время ожидания, поскольку во время обслуживания покупатель сосредоточен на кассире, т. е. покупатель ждет, когда озвучат сумму покупки, так как выбирая товар, покупатель не считает сумму покупки точно, а только приблизительно знает ее), т. е. при $\upsilon_{k,g} \ge \upsilon_{ср}$, $K_{k,g} = 0$.

$\upsilon_{k,g}^1$ – абсцисса точки необходимой для построения зависимости $K(\upsilon)$, при $\upsilon_{k,g} = \upsilon_{k,g}^1$, $K_{k,g} = 0$. $K_{\max}$ – оценочный параметр, наибольшее количество товаров, купленных в прикассовой зоне одним покупателем за один приход в магазин.

$$\upsilon^1_{k,g} = \upsilon^{отказ}_{k,g} - (\upsilon_{ср} - \upsilon^{отказ}_{k,g}),\ k = \overline{1, Q_g},\ g = \overline{1, period}.$$

В итоге количество товаров, купленных k-м покупателем в прикассовой зоне $K_{k,g}$ за g-й день работы магазина, рассчитывается следующим образом:

$$K_{k,g} = \begin{cases} a \cdot \upsilon^2_{k,g} + b \cdot \upsilon_{k,g} + c, \text{ при } \upsilon^{отказ}_{k,g} < \upsilon_{k,g} < \upsilon_{ср}, \\ 0, \text{ при } \upsilon_{k,g} \le \upsilon^{отказ}_{k,g},\ \upsilon_{k,g} \ge \upsilon_{ср}, \end{cases} \quad k = \overline{1, Q_g},\ g = \overline{1, period}. \tag{35}$$

Коэффициенты для полинома в выражении (35) вычисляются, как коэффициенты полинома второй степени, проходящего через три точки, по следующим формулам:

$$a = \frac{y_3 - \dfrac{x_3 \cdot (y_2 - y_1) + x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2}{x_2 - x_1}}{x_3 \cdot (x_3 - x_1 - x_2) + x_1 \cdot x_2};$$

$$b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - a \cdot (x_1 + x_2);$$

$$c = \frac{x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2}{x_2 - x_1} + a \cdot x_1 \cdot x_2,$$

где $(x_1; y_1) = (\upsilon^1_{k,g};0)$; $(x_2; y_2) = (\upsilon^{отказ}_{k,g}; K_{\max})$; $(x_3; y_3) = (\upsilon_{ср};0)$.

Модель стимулирования операторов СМО торгового предприятия

В торговле, как и в любой другой отрасли, совокупные затраты делятся на затраты живого и овеществленного труда. Живой труд составляет примерно третью часть трудовых затрат торговых работников. При этом в розничной торговле, где процесс обслуживания замыкается, в конечном счете, на покупателе, доля живого труда значительно выше, чем в оптовой. Это обусловлено самим характером труда и уровнем механизации трудовых процессов.

Особенности труда обуславливают особенности управления трудовым поведением работников и процессами стимулирования.

Предлагается следующая модель стимулирования персонала.

1. Каждому работнику начисляется определенный оклад, который может изменяться в зависимости от проработанных лет.

2. Существует коэффициент трудового участия (КТУ), который изменяется от 1 до 2. КТУ выставляется за каждый месяц (две недели). Таким образом, заработная плата каждого работника за месяц (две недели) определяется следующим образом:

$$ЗП = Оклад \cdot КТУ,$$

с учетом налога на доходы физических лиц (НДФЛ) и налоговых вычет:

$$ЗП = (Оклад \cdot КТУ - Налоговые\ вычеты) \cdot (1 - ставка\ НДФЛ). \tag{36}$$

3. Если чистая прибыль, полученная магазином за месяц (две недели), превышает плановую величину, то разница Δ выплачивается в виде премии (на усмотрение учредителей), причем 20 % от разницы выплачивается директору, а оставшаяся сумма делится между всеми работниками поровну, за исключением уборщиц – им премия не выплачивается.

Если $\Delta > 0$, при $\Delta = ЧП_{факт} - ЧП_{план}$, то:

$$\text{Премия директору} = 0,2 \cdot \Delta,$$

$$\text{Премия остальным работникам (кроме уборщиц)} = \frac{(1 - 0,2) \cdot \Delta}{ЧС},$$

где $ЧС$ – число сотрудников, за исключением уборщиц.

Если при пересдаче выявляется недостача, то премии лишают всю смену.

Достоинством данной модели являлось то, что размер заработной платы не ограничен верхним пределом. Для определенного типа людей это является сильным стимулом. По данным исследований выявлено, что 85 % продавцов относятся к так называемому типу «Y». А это значит, что им нужны дополнительные стимулы, чтобы достигать более высоких показателей в работе [4. С. 264].

Среди недостатков данной модели оплаты следует отметить то, что она не учитывает квалификацию продавцов (хотя учитывает опыт работы), а потому и не стимулирует ее повышение. Модель оплаты стимулирует повышение качества услуг торговли лишь косвенно. Для устранения данного недостатка предлагается использовать принцип стандартизации, т. е. ввести систему аттестации продавцов. После этого продавцы должны быть переведены на оклады, которые будут дифференцироваться в зависимости от квалификации.

Модель издержек СМО торгового предприятия

В состав издержек системы массового обслуживания входит:

1) оплата работы персонала. Имеется ввиду заработная плата, вычисляемая по формуле (36);

2) хозяйственные нужды, коммунальные платежи;

3) налоги.

В состав уплачиваемых налогов входят:

1) отчисления в пенсионный фонд (ПФ) от фонда ЗП по ставке, равной 26 % [1];

2) отчисления в фонд социального страхования (ФСС) от фонда ЗП по ставке, равной 2,9 % [2];

3) отчисления в федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС) от фонда ЗП по ставке, равной 5,1 % [3];

4) Единый налог на вмененный доход (ЕНВД): ставка – 15 % [4], порядок расчета этого налога представлен на рис. 3.

Для розничной торговли, осуществляемой через объекты стационарной торговой сети, имеющие торговые залы, физическим показателем является площадь торгового зала (в квадратных метрах) и базовая доходность равна 1 800 руб.

Величина ЕНВД = *ставка ЕНВД* ● *Налогооблагаемая база*

Налогооблагаемая база = *Базовая доходность* ● *Физический показатель, характеризующий данный вид деятельности* (*торговая площадь*) ● K_1 ● K_2

Рис. 3. Порядок расчета ЕНВД

K_1 устанавливается на календарный год: коэффициент-дефлятор, учитывающий изменение потребительских цен на товары (работы, услуги) в предшествующем периоде. Определяется Правительством. В 2013 г. K_1 равен 1,569 [5].

K_2 – корректирующий коэффициент базовой доходности, учитывающий совокупность особенностей ведения предпринимательской деятельности (ассортимент, сезонность, режим работы, величину доходов и т. д.) Значения K_2 определяются правовыми актами муниципальных районов, городских округов, городов для всех категорий налогоплательщиков в пределах от 0,005 до 1 включительно.

[1] Страховые взносы в 2012 году. URL: bs-life.ru, http://bs-life.ru/finansy/strahovanie/strahovka2012.html
[2] Там же.
[3] Там же.
[4] Расчет ЕНВД в 2012 году. URL: bs-life.ru, http://bs-life.ru/finansy/nalogy/envd2012.html
[5] Там же.

В итоге издержки за один отчетный период (месяц) моделируются следующим образом:

$$C = Zp \cdot (1 + pf + fss + ffoms) + H + e \cdot (w \cdot R \cdot K_1 \cdot K_2),$$

где

C – величина издержек за один отчетный период, руб.;

Zp – заработная плата всего персонала за один отчетный период, руб.;

pf – ставка налога, по которой производятся отчисления в ПФ;

fss – ставка налога, по которой производятся отчисления в ФСС;

$ffoms$ – ставка налога, по которой производятся отчисления в ФФОМС;

H – хозяйственные нужды за один отчетный период, руб.;

e – ставка ЕНВД;

w – базовая доходность, руб.;

R – торговая площадь (физический показатель), м^2.

Модель получения и оптимизации прибыли в СМО торгового предприятия

Выручка за один отчетный период (месяц) моделируется следующим образом:

$$V = Q \cdot Chek,$$

где

$V = V(Q)$ – выручка от продаж, руб.;

$Q = Q(n, \lambda(t), \mu, \nu, T)$ – число обслуженных заявок за период работы магазина *period*, чел.;

$Chek$ – средняя сумма чека, руб.

Прибыль моделируется по формуле (37) в зависимости от наценки на товары, так как не предусмотрен прямой расчет себестоимости товара и закупочных цен:

$$P = V \cdot (d \cdot \frac{N_1}{1 + N_1} + (1 - d) \cdot \frac{N_2}{1 + N_2}) - C, \qquad (37)$$

где

$P = P(Q)$ – чистая прибыль за один отчетный период, руб.;

d – доля товаров первой необходимости в стоимостном выражении;

N_1 – наценка на товары первой необходимости;

N_2 – наценка на остальные товары;

C – величина издержек за один отчетный период, руб.

Доля товаров первой необходимости d рассчитывается через отношение продажных цен товаров в рублях, т. е. d – отношение суммарной цены всех товаров первой необходимости к суммарной цене всех товаров в магазине.

Деление товаров на товары первой необходимости и остальные товары основано на том, что на определенные товары должны устанавливаться определенные наценки. Законодательством определена максимальная величина наценки на товары первой необходимости, равная 20 %. Существуют также ограничения на величину наценки на другие группы товаров, но эти ограничения не сильно отличаются от обычной величины наценки на нерегламентированные товары, поэтому деление товаров производится только на 2 группы: товары первой необходимости и остальные товары.

Недополученная прибыль рассчитывается по формуле

$$P_N = S \cdot Chek \cdot (d \cdot \frac{N_1}{1 + N_1} + (1 - d) \cdot \frac{N_2}{1 + N_2}),$$

где

$P_N = P_N(S)$ – недополученная прибыль за один отчетный период, руб.;

$S = S(n, \lambda(t), \mu, \nu, T)$ – число отказов, чел.

Прибыль от прикассовой зоны за один отчетный период $P_{pz} = P_{pz}(Q, K)$ моделируется в зависимости от наценки на остальные товары N_2 и рассчитывается по формуле (38). Наценка на товары первой необходимости N_1 при расчете данной прибыли не используется, так как в прикассовой зоне эти товары никогда не располагают. Товары первой необходимости располагают в самом конце магазина, заставляя тем самым покупателей пройти через весь торговый зал и по пути сделать дополнительные покупки, в том числе и импульсивные.

$$P_{pz} = V_{pz} \cdot \frac{N_2}{1+N_2} - \frac{V_{pz}}{V} \cdot C, \qquad (38)$$

где

$V_{pz} = V_{pz}(Q_g, K_g)$ – средняя выручка от продажи товаров в прикассовой зоне за период работы *period*, руб.;

C – величина издержек за один отчетный период, руб.

Недополученная прибыль от прикассовой зоны за один отчетный период $P_{pz\_N} = = P_{pz\_N}(S, K)$ рассчитывается по формуле

$$P_{pz\_N} = S \cdot \frac{\sum_{k=1}^{Q_g} K_{k,g}}{Q_g} \cdot c \cdot \frac{N_2}{1+N_2}, \quad g = \overline{1, period},$$

где

$K_{k,g}$ – количество товаров, купленное k-м покупателем в прикассовой зоне за g-й день работы магазина, шт.;

Q_g – число обслуженных человек за g-й день работы магазина, чел.;

c – средняя цена единицы товара в прикассовой зоне, руб.

Оптимизация СМО заключается в определении такого числа каналов обслуживания n, при котором число обслуженных заявок $Q = Q(n, \lambda(t), \mu, \nu, T)$ обеспечивает максимум функции чистой прибыли, вычисляемой по формуле (39), при соблюдении ограничений (40) и (41):

$$P(Q) = Q \cdot Chek \cdot (d \cdot \frac{N_1}{1+N_1} + (1-d) \cdot \frac{N_2}{1+N_2}) - (C \pm \Psi) \xrightarrow[n]{} \max, \qquad (39)$$

где Ψ – параметр, который используется со знаком «+», если число каналов обслуживания увеличивается, и со знаком «–», если число каналов обслуживания уменьшается.

$$n \geq 1; \qquad (40)$$

$$P(Q) > 0; \qquad (41)$$

$$\Psi = Q_{kass} \cdot (C_{kass} + 2 \cdot \frac{Zp_{kass}}{ЧC_{kass}} \cdot (1 + pf + fss + ffoms)),$$

где

Q_{kass} – число дополнительных каналов обслуживания при условии, что параметр Ψ используется со знаком «+», или число лишних каналов обслуживания при условии, что параметр Ψ используется со знаком «–»;

C_{kass} – стоимость кассового бокса, руб.;

Zp_{kass} – заработная плата всех кассиров за один отчетный период, руб.;

$ЧC_{kass}$ – общее число кассиров, чел.;

pf – ставка налога, по которой производятся отчисления в ПФ;

fss – ставка налога, по которой производятся отчисления в ФСС;

ffoms – ставка налога, по которой производятся отчисления в ФФОМС.

Оптимальное решение является целочисленным (число каналов обслуживания) и всегда существует. Встает вопрос о применимости оптимального решения в случаях, когда оптимальное количество каналов обслуживания не умещается на площади торгового предприятия. При таком варианте реализации модели оптимизации необходимо изменить один или несколько входных параметров (например, увеличить интенсивность потока обслуживания μ за счет дополнительного стимулирования персонала) и провести оптимизацию повторно.

Для максимизации прибыли торгового предприятия при управлении характеристиками системы расчетно-кассового обслуживания создана программа «Оптимизация деятельности торгового предприятия» [6] в среде Matlab R2011a 7.12.0.635. Программа реализует комплексную статистическую имитационную модель системы массового обслуживания торгового предприятия, которая описана в данной статье.

После проведения определенного количества численных экспериментов, с использованием разработанного ПО, были получены статистические функции распределения прибыли и очереди торгового предприятия для различных законов распределения входного потока в зависимости от интенсивности входного потока заявок. Часть результата анализа влияния закона распределения входного потока заявок на статистические характеристики выходных параметров системы, а именно на прибыль и на очередь СМО, изложена в источнике [5].

В 2012 г. программа «Оптимизация деятельности торгового предприятия» была применена для оптимизации работы магазина самообслуживания торгово-розничной сети «Магнит», который расположен в Самаре.

По итогам оптимизации в первый месяц прибыль увеличилась на 17 %, а в последующие месяцы – на 18 %. Итоговая интенсивность обслуживания увеличилась с 20 до 25 чел./ч, этого удалось достичь за счет повышения КТУ кассирам с 1 (1,1) до 1,35, что соответствует 35 %-му увеличению оплаты труда.

Список литературы

1. *Снегирева В.* Розничный магазин. Управление ассортиментом по товарным категориям. СПб.: Питер, 2007. 416 с.

2. *Дуплякин В. М.* Статистический анализ выборочных данных: Учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. 110 с.

3. *Гнеденко Б. В.*, *Коваленко И. Н.* Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1966. 431 с.

4. *Кибанова А. Я.* Управление персоналом организации. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ИНФРА-М, 2003. 638 с.

5. *Дуплякин В. М.*, *Княжева Ю. В.* Выбор закона распределения входного потока заявок при моделировании системы массового обслуживания торгового предприятия // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та им. акад. С. П. Королева. 2012. № 6. С. 102–111.

Материал поступил в редколлегию 28.02.2014

Yu. V. Knyazheva

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
H. 34, Moskovskoe shosse, Samara, Russian Federation

julia_skr_2008@mail.ru

INCREASE OF QUEUING SYSTEM EFFECTIVENESS OF TRADING ENTERPRISE BY MEANS OF NUMERICAL STATISTICAL SIMULATION

The market economy causes need of development of the economic analysis first of all at microlevel, that is at the level of the separate enterprises as the enterprises are basis for market economy. Therefore improvement of the queuing system trading enterprise is an important economic problem. Analytical solutions of problems of the mass servicing are in described the theory, don't correspond to real operating conditions of the queuing systems. Therefore in this article optimization of customer service process and improvement of settlement and cash service system trading enterprise are made by means of numerical statistical simulation of the queuing system trading enterprise. The article describe integrated statistical numerical simulation model of queuing systems trading enterprise working in nonstationary conditions with reference to different distribution laws

[6] «Оптимизация деятельности торгового предприятия», «Национальный информационный фонд неопубликованных документов» Отраслевой фонд алгоритмов и программ, № госрегистрации 50200801789.

of customers input stream. This model takes account of various behavior customers output stream, includes checkout service model which takes account of cashier rate of working, also this model includes staff motivation model, profit earning and profit optimization models that take into account possible revenue and costs. The created statistical numerical simulation model of queuing systems trading enterprise, at its realization in the suitable software environment, allows to perform optimization of the most important parameters of system. And when developing the convenient user interface, this model can be a component of support decision-making system for rationalization of organizational structure and for management optimization by trading enterprise.

Keywords: queuing system, model, distribution law, nonstationarity, queue, profit, trading enterprise.

References

1. Snegiryova V. *Roznichnyj magazin. Upravlenie assortimentom po tovarnym kategoriyam* [Retail Shop. Management of the Range on Commodity Categories]. St.-Petersburg, Piter Publ., 2007, 416 p. (In Russ.)

2. Duplyakin V. M. *Statisticheskij analiz vyborochnyks dannykh: uchebnoe posobie* [Statistical analysis of sample information: teaching aid]. Samara, Samara St. Aerospace Univ. Publ., 2010, 110 p. (In Russ.)

3. Gnedenko B. V., Kovalenko I. N. *Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya* [Introduction in the queuing theory]. Moscow, Nauka Publ., 1966, 431 p. (In Russ.)

4. Kibanova A. Ya. *Upravlenie personalom organizacii* [Organization human resource management]. Moscow, Infra-M Publ., 2003, 638 p. (In Russ.)

5. Duplyakin V. M., Knyazheva J. V. *Vybor zakona raspredelenija vkhodnogo potoka zajavok pri modelirovanii sistemy massovogo obsluzhivanija torgovogo predprijatija* [The choice of the distribution law of requests input flow for modeling queuing systems trading enterprise]. *Vestnik SGAU* [*SSAU Herald*], 2012, vol. 37, no. 6, p. 102–111. (In Russ.)