## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОКУПАТЕЛЕЙ ПРИ МАССОВОМ ОБСЛУЖИВАНИИ В ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

## Дуплякин В.М., Княжева Ю.В.

Российская Федерация, г. Самара, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы моделирования поведения покупателей в очередях торговых предприятий. Анализируются модели «нетерпеливых» и «терпеливых» покупателей.

**Ключевые слова:** Торговое предприятие, покупатели, математическое моделирование массового обслуживания, поток ухода из очереди.

Экономическая эффективность торгового предприятия существенно зависит от того, как администрация предприятия при помощи маркетинговой политики влияет на покупателей. Рассмотрим поведение покупателей в очередях на основе предлагаемых моделей: «нетерпеливые» и «терпеливые» покупатели.

Используя терминологию теории массового обслуживания, представим время ожидания г-ой заявки (время обслуживания соответствующего покупателя) для g-ого дня работы магазина  $t_{r,g}^{\mathit{omka3}}$  как случайную величину, распределённую по показательному закону с параметром  $v_{r,g}>0$ , где  $t_{r,g}^{\mathit{omka3}}$  принимает только неотрицательные значения, а её плотность  $f_{t_{r,g}^{\mathit{omka3}}}(x)$  и функция распределения  $F_{t_{r,g}^{\mathit{omka3}}}(x)$  вычисляются следующим образом:

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

$$F_{t_{r,g}^{omxa3}}(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0, \\ 1 - e^{-v_{r,g} \cdot x}, & x > 0. \end{cases}, r = \overline{1, N_g}, g = \overline{1, period}$$
(2)

Где  $t_{r,g}^{omka3}$  — максимально возможное время ожидания r-ой заявки в очереди для g-ого дня работы магазина, час;

 $v_{r,g}$  - интенсивность потока необслуженных заявок в момент поступления r-ой заявки для g-ого дня работы магазина, чел/час;

Ng — число заявок, поступивших за g-ый день работы магазина, чел; period - период работы магазина, день.

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

Полагаем, что существует такое значение длины очереди  $F^*$ , при котором покупатель покидает магазин сразу (при входе), как только видит людей у каждой кассы большее, чем  $F^*$ . Чем ниже значение  $F^*$ , тем больше «текучка» в очереди, причиной которой может являться наличие подобных магазинов в непосредственной близости от исследуемого торгового предприятия. Следовательно, формула (3) справедлива только при  $0 \le F^{ovep} < F^*$ . График зависимости интенсивности потока необслуженных заявок v от длины очереди  $F^{ovep}$  около конкретной кассы представлен на рисунке 1.

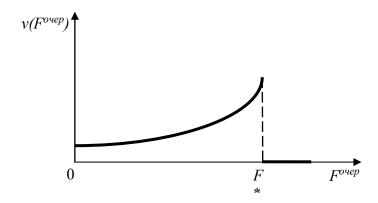


Рисунок 1 – Интенсивность потока необслуженных заявок ν(Fочер)

В итоге, время ожидания г-ой заявки для g-ого дня работы магазина  $t_{r,g}^{omka3}$  представляет собой случайную величину, распределённую по показательному закону с параметром  $v_{r,g}>0$  только при условии, что среднее число человек около каждой кассы не превышает значения  $F^*$ , т.е.  $0 \le F^{ouep} < F^*$ , в противном случае, при  $F^{ouep} \ge F^*$  полагаем  $t_{r,g}^{omka3} = 0$  [1].

Исходя из особенностей поведения покупателей в очереди, предлагаются две разновидности модели потока уходов, которые различаются способом

определения интенсивности потока необслуженных заявок  $v_{r,g}$  [2]:

- 1. «Терпеливые» покупатели:  $v_{r,g}$  является входным параметром модели и представляет собой некоторую среднюю величину, определяемую по статистическим данным.
  - 2. «Нетерпеливые» покупатели:  $v_{r,g}$  рассчитывается по формуле (3).

Неудовлетворенность покупателя в обслуживании сказывается на его поведении при последующем посещении магазина. Для того чтобы покупатель отказался приходить в магазин, необходимо, чтобы он систематически оказывался не удовлетворён обслуживанием в данном магазине, т.е. только в долгосрочной перспективе можно говорить о влиянии неудовлетворенности покупателя в обслуживании на его последующий приход в магазин. В то же время, если покупатель каждый раз приходя в магазин, будет удовлетворен обслуживанием, то через некоторое время не только он, но и его знакомые будут обслуживаться в этом магазине, конечно при условии, что уровень обслуживания останется прежним.

Обратимся к анализу результатов численных экспериментов моделирования работы системы массового обслуживания торгового предприятиями с имитацией реальных входных потоков покупателей и работы конкретной системы обслуживания [3].

Моделирование входных нестационарных потоков и их обслуживания подробно рассматривается в работе [4]. В модели *«нетерпеливые» покупатели*, интенсивность потока уходов v — параметр, который зависит от числа человек в очереди в определённый момент времени.

При низких интенсивностях входного потока  $\bar{\lambda}$  модель поведения покупателей в очереди не оказывает никакого влияния на прибыль, в виду того, что при таких  $\bar{\lambda}$  очередь либо отсутствует, либо слишком мала для того, чтобы оказать влияние на поток обслуженных покупателей. Т.е. модель поведения покупателей в очереди начинает оказывать влияние на прибыль только тогда, ко-

гда система начинает «забиваться» заявками, а прирост прибыли в это время максимальный.

Модель *«нетерпеливые» покупатели* оказывает влияние на динамику очереди, т.к. в этой модели существует параметр  $F^*$ , который ограничивает рост очереди при увеличении интенсивности входного потока. Анализируя полученные данные численных экспериментов, можно прийти к выводу, что очередь при использовании модели *«нетерпеливые» покупатели* растёт гораздо медленнее, чем при использовании модели *«терпеливые» покупатели*. Хотя тенденции, описанные для модели *«терпеливые» покупатели*, не меняются. Также существует значение коэффициента загрузки  $K^*_{,} = 50\%$ , начиная с которого значение темпа роста очереди резко увеличивается и при котором кривые функций распределения очереди для всех законов. При использовании модели *«нетерпеливые» покупатели* значение  $K^*_{,}$  больше, чем при использовании модели *«терпеливые» покупатели* из-за того, что система медленнее «забивается» заявками.

Проведенные численные исследования влияния вида закона распределения входного потока покупателей, которые частично представлены на рисунках 1, 2, 3, показывают, что в случае использования модели *«нетерпеливые»* покупатели волатильность вероятности отказа увеличивается при всех рассмотренных законах распределения входного потока. Самая высокая волатильность вероятности отказа достигается при законе Пуассона, нормальном и равномерном законах распределения входящего потока. Кроме того, можно сделать вывод, что более сильно прослеживается влияние коэффициента вариации входных параметров нормального и равномерного законов распределения входного потока при использовании модели *«нетерпеливые» покупатели*.



Рисунок 1 — Вероятность отказа обслуживания в течение рабочего дня при высокой интенсивности входного потока  $\overline{\lambda}$  и «нетерпеливых» покупателях, V=0,1



Рисунок 2 — Вероятность отказа обслуживания в течение рабочего дня при средней интенсивности входного потока  $\overline{\lambda}$  и «нетерпеливых» покупателях, V=1



Рисунок 3 — Вероятность отказа обслуживания в течение рабочего дня при высокой интенсивности входного потока покупателей  $\overline{\lambda}$  и «нетерпеливых» покупателях, V=1

Следует отметить, что модель поведения покупателей в очереди — *«не-мерпеливые» покупатели* соответствует мелким и средним магазинам самообслуживания таких розничных сетей как: «Магнит», «Пятёрочка», «Пятёрочка+», «Покупочка», «Утро/Вечер», «Копеечка», а модель *«терпеливые» покупатели* соответствует крупным розничным и оптово-розничным сетям таким, как «Ашан», «Метро». Т.к. среди мелких и средних магазинов самообслуживания конкуренция намного выше (следовательно, и «текучка» покупателей больше), чем среди крупных.

## Список литературы:

- 1. Дуплякин, В.М. Выбор закона распределения входного потока заявок при моделировании системы массового обслуживания торгового предприятия / В.М. Дуплякин, Ю.В. Княжева // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. 2012. №6(37). С. 102-111.
- 2. Княжева, Ю.В. Моделирование входного потока в системе массового обслуживания торгового предприятия / Ю.В. Княжева // Актуальные проблемы современной России: сборник научных трудов под ред. А.А. Оводенко. Вып. 5. СПб.: ГУАП, 2009. С. 159-164.
- 3. Дуплякин, В.М. Имитационное моделирование нестационарной системы массового обслуживания торгового предприятия / В.М. Дуплякин,

- Ю.В. Княжева// Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: экономика и менеджмент. 2009. №41(174). С. 79-84.
- 4. Княжева, Ю.В. Повышение эффективности системы массового обслуживания торгового предприятия посредством численного статистического моделирования / Ю.В. Княжева // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: социально-экономические науки. 2014. Том 14. Вып. 2. С. 83-100.

## SIMULATION OF BUYERS'S BEHAVIOR AT MASS SERVICE IN TRADE ENTERPRISES V.M. Duplyakin, Yu.V. Knyazheva

Samara National Research University

**Annotation:** The issues of modeling customer behavior in the queues of trading enterprises are considered. The models of "impatient" and "patient" buyers are analyzed.

**Keywords:** Trading company, buyers, mathematical modeling of queuing, flow of leaving the queue.