

**Д.э.н. Постан М.Я.
ОБ ОДНОМ КЛАССЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ
СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В СЛУЧАЙНОЙ СРЕДЕ С ДВУМЯ
СОСТОЯНИЯМИ**

**Dr.Sci. Postan M.Ya.
ON A CLASS OF MULTI-CHANNEL QUEUEING
SYSTEMS EMBEDDED IN AN RANDOM ENVIRONMENT
WITH TWO STATES**

В настоящее время теория систем массового обслуживания (СМО), функционирующих в случайных средах, является большим самостоятельным направлением теории очередей, имеющее разнообразные приложения, в частности при анализе, моделировании и оптимизации коммуникационных, транспортных и логистических систем, в теории надежности (надежность технических систем с переменным режимом функционирования), а также различных производственных процессов [1–5]. Влияние внешних возмущений на процессы поступления и обслуживания может проявляться различным образом. Обычно в соответствующих исследованиях принимается, что параметры входящих потоков и/или процесса обслуживания функционально зависят от состояния внешней среды. Поведение последней обычно описывается марковским или полумарковским процессом с дискретным множеством возможных состояний. В то же время влияние случайной среды на функционирование СМО может проявляться также и по-другому. Например, в определенных состояниях среды обслуженные заявки не могут покинуть каналы обслуживания или же заявки из очереди не могут занять освобождающийся от обслуживания предыдущей заявки канал. Типичным примером такого рода обслуживающей системы может служить портовый терминал, на котором обрабатываются суда. В определенных состояниях гидрометеосреды судно, грузовая обработка которого завершена, не может покинуть порт (например, при сильном волнении моря) и остается у причала, блокируя его для возможной обработки других судов.

**Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні управляючі системи та технології»
23 - 25 вересня 2019, Одеса**

Такие СМО представляют теоретический и практический интерес. Впервые модели такого рода СМО были предложены в работах [3–5], где детально анализировался случай одноканальной системы.

С чисто математической точки зрения исследование СМО, работающих в случайных средах, связано с определенными аналитическими и вычислительными трудностями. В специальной литературе для их преодоления используются различные методы: матричное исчисление, краевые задачи теории функций комплексной переменной, асимптотические методы. Иногда стационарное распределение вероятностей состояний системы «СМО - внешняя среда» удается выразить через классические ортогональные многочлены [3]. Поэтому анализ таких СМО с помощью традиционного для теории очередей математического аппарата (марковские цепи, полумарковские и линейчатые марковские процессы) далеко не тривиален.

Целью доклада является описание и исследование одной общей схемы моделирования многоканальной СМО, работающей в случайной среде с двумя возможными состояниями (есть помеха, нет помехи), с промежуточным буфером конечной емкости для накопления обслуженных в течение интервала действия помехи требований и блокировкой каналов обслуживания при заполнении буфера. Конечной задачей исследования является вычисление стационарного распределения вероятностей СМО и соответствующих показателей качества процесса обслуживания.

Формальное описание исследуемой СМО таково. Пусть на вход n -канальной СМО поступает рекуррентный поток требований с функцией распределения (ФР) интервала между поступлением соседних требований $A(t)$. Все каналы предполагаются идентичными. Времена обслуживания всех требований – взаимно независимые случайные величины, не зависящие от входного потока, имеющие одну и ту же ФР $B(t)$. Независимо от процессов поступления и обслуживания требований наступают помехи, причем их появление и действие описывается альтернирующим процессом восстановления [5]. Примем, что время с момента окончания действия некоторой помехи до момента появления следующей помехи – случайная величина с ФР $C(t)$, а время действия произвольной помехи – случайная величина с ФР $D(t)$.

Влияние помехи на процесс обслуживания сводится к следующему. Если в промежутке действия помехи завершается обслуживание какого-либо требования, то оно поступает в буферный накопитель емкости R при наличии в нем свободных мест, где ждет окончания помехи. При отсутствии свободных мест в накопителе очередное требование, обслуживание которого завершилось, блокирует канал, на котором оно

**Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні управляючі системи та технології»
23 - 25 вересня 2019, Одеса**

обслуживалось, и ждет окончания действия помехи. Таким образом, в момент окончания действия помехи СМО может покинуть одновременно несколько обслуженных требований.

Состояние описанной СМО в произвольный момент времени t будем характеризовать случайным процессом вида

$$\sigma(t) = (0, v_1(t)), \text{ если } \alpha(t) = 0$$

$$\sigma(t) = (1, v_1(t), v_2(t)), \text{ если } \alpha(t) = 1,$$

где $v_1(t)$ – число требований, находящихся в момент t на обслуживании и в очереди к каналам; $v_2(t)$ – суммарное число обслуженных требований, которые находятся в буфере, ожидая окончания действия помехи, и тех, которые блокируют каналы обслуживания; $\alpha(t)$ – дискретная компонента, описывающая наличие или отсутствие помехи в момент t :

$$\alpha(t) = 0, \text{ если помеха отсутствует,}$$

$$\alpha(t) = 1, \text{ если помеха действует.}$$

Процесс $\sigma(t)$ в общем случае не является марковским, однако в некоторых частных случаях может быть сведен к таковому путем введения дополнительных непрерывных или дискретных компонент.

Детально анализируется случай, когда

$$B(t) = 1 - e^{-\mu t}, t > 0,$$

$$C(t) = 1 - e^{-at}, t > 0.$$

В этом частном случае для нахождения стационарного распределения процесса $\sigma(t)$ можно воспользоваться аппаратом линейчатых марковских процессов [5].

Для нахождения стационарного вероятностного распределения случайного процесса $\sigma(t)$ выведена соответствующая система дифференциальных уравнений, решение которой найдено в замкнутом виде.

Найдены основные показатели эффективности обслуживания СМО: средняя длина очереди заявок, вероятность блокировки каналов обслуживания в период действия помехи и др.

**Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні управляючі системи та технології»
23 - 25 вересня 2019, Одеса**

Литература

1. Voevodskiy E.N. On the queueing systems with many servers in a random environment/ E.N. Voevodskiy, M.Ya. Postan//Proc. of the Second Conf. of the Association of Asian-Pacific Operation Research Societies (APORS)/ Ed. by Chang-pu Wu. Peking: Peking Univ. Press, 1991. – P. 238–244.
2. Постан М.Я. Многоканальные обслуживающие системы в случайной среде/М.Я. Постан// Обозрение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика», 1999. – Т. 6. – вып.1. – С.88–100.
3. Постан М.Я. Многоканальная обслуживающая система с постоянным временем обслуживания в случайной среде/М.Я. Постан // Економічна кібернетика, 2006. –№3–4 (39–40). – С. 62–68.
4. Постан М.Я. Система массового обслуживания „Порт-подходной канал” с двусторонним движением судов по каналу / М.Я. Постан, О.В. Прокопенко // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. - Одеса: ОНМУ, 2007. – Вип. 12. – С.60–78.
5. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. Изд. 3-е, испр. и доп. /Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.:КомКнига, 2005. – 400 с.

УДК 519.168

Information Control Systems and Technologies, pp. 175-176

Д.т.н. Трофимчук А.Н., д.т.н. Васянин В.А., Ушакова Л.П.

**АЛГОРИТМЫ ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА В СХЕМАХ ВЕТВЛЕНИЯ
РЕШЕНИЯ КОМБИНАТОРНЫХ ЗАДАЧ
С ПСЕВДОБУЛЕВЫМИ ФУНКЦИЯМИ**

**Dr.Sci. Trofymchuk O.M., Dr.Sci. Vasyanin V.A., Ushakova L.P.
ALGORITHMS EXHAUSTIVE SEARCH IN THE BRANCHING
SCHEMES TO SOLVING COMBINATORIAL PROBLEMS WITH
PSEUDO-BOOLEAN FUNCTIONS**

В докладе рассматривается применение двоично-отраженных кодов Грея для решения комбинаторных задач с псевдоболевыми функциями (полиномами от булевых переменных) [1]. Приводится рекурсивный