

собственные частоты шевера на два порядка превышают частоты, на которых он работает, что позволяет сделать вывод об устойчивости системы.

Таким образом, по результатам расчетов было установлено, что рассмотренная конструкция червячного шевера обладает достаточной прочностью и выдерживает действующие на нее нагрузки, которые не превышают допустимых.

*Материал поступил в редколлегию 17.10.18.*

УДК 004.946

DOI: 10.30987/conferencearticle\_5c19e5f4673b51.37493449

Д.М. Умурзакова

(Узбекистан, г. Фергана, Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий)

## **СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

*Рассмотрены элементы модели массового обслуживания, рассматривается многоканальная система массового обслуживания неделимых групповых заявок с очередью неограниченной длины, простым групповым потоком на входе, распределенным временем обслуживания.*

*The elements of a queuing model are considered. A multichannel queuing system of indivisible group calls with a queue of unlimited length, a simple group flow at the input and distributed service time is considered.*

*Ключевые слова: теория массового обслуживания, математическая модель, очередь, каналы, обслуживание.*

*Keywords: queuing theory, mathematical model, queue, channels, services.*

Современный этап развития науки и техники обуславливает острую необходимость в анализе сложных систем. Одной из математических дисциплин прикладного характера, обслуживающих эту потребность, является теория массового обслуживания (ТМО). ТМО занимается построением математических моделей специальных систем (СМО). Система массового обслуживания (СМО) — система, которая производит обслуживание поступающих в неё требований. Обслуживание требований в СМО выполняется обслуживающими приборами. Классическая СМО содержит от одного до бесконечного числа приборов. В зависимости от наличия возможности ожидания поступающими требованиями начала обслуживания СМО подразделяются:

- на системы с потерями, в которых требования, не нашедшие в момент поступления ни одного свободного прибора, теряются;

- системы с ожиданием, в которых имеется накопитель бесконечной ёмкости для буферизации поступивших требований, при этом ожидающие требования образуют очередь;
- системы с накопителем конечной ёмкости (ожиданием и ограничениями), в которых длина очереди не может превышать ёмкости накопителя; при этом требование, поступающее в переполненную СМО (отсутствуют свободные места для ожидания), теряется.

Большинство экономических задач связано с системами массового обслуживания.

Системы, в которых, с одной стороны, возникают массовые запросы (требования) на выполнение каких-либо видов услуг, а с другой стороны, происходит удовлетворение этих запросов, называются *системами массового обслуживания*.

Система массового обслуживания включает следующие элементы: источник требований, входящий поток требований, очередь, обслуживающее устройство (обслуживающий аппарат, канал обслуживания), выходящий поток требований.

Системы массового обслуживания классифицируют по разным признакам. К таким признакам относятся условия ожидания требования начала обслуживания. В соответствии с этим признаком системы подразделяются на следующие виды:

- системы массового обслуживания с потерями (отказами);
- системы массового обслуживания с ожиданием;
- системы массового обслуживания с ограниченной длиной очереди;
- системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания.

По месту нахождения источника требований системы массового обслуживания делятся на *разомкнутые*, когда источник находится вне системы, и *замкнутые*, когда источник находится в самой системе. К последнему виду относится, например, станочный участок, в котором станки являются источником неисправностей, а следовательно, и требований на их обслуживание.

Одной из форм классификации систем массового обслуживания является кодовая (символьная) *классификация Д.Кендалла*. При этой классификации характеристику системы записывают в виде трех, четырех или пяти символов, например  $A \setminus B \setminus S$ , где  $A$  — тип распределения входящего потока требований,  $B$  — тип распределения времени обслуживания,  $S$  — число каналов обслуживания.

Для экспоненциального распределения принимают символ  $M$ , для любого (произвольного) распределения — символ  $G$ . Запись  $G / M / 3$  означает, что входящий поток требований пуассоновский (простейший), время обслуживания распределено по экспоненциальному закону, в системе имеется три канала обслуживания.

Четвертый символ указывает допустимую длину очереди, а пятый — порядок отбора (приоритета) требований.

Примерами СМО могут служить автобусный маршрут и перевозка пассажиров; производственный конвейер по обработке деталей; влетающая на чужую территорию эскадрилья самолетов, которая «обслуживается» зенитками ПВО; ствол и рожок автомата, которые «обслуживают» патроны; электрические заряды, перемещающиеся в некотором устройстве и т. д.

Специалист по системам должен хорошо понимать ресурсы производительности и эффективности проектируемых им систем, скрытые в оптимизации параметров, структур и дисциплинах обслуживания. Моделирование помогает выявить эти скрытые резервы [1].

При анализе результатов моделирования важно также указать интересы и степень их выполнения. Различают интересы клиента и интересы владельца системы. Заметим, что эти интересы совпадают не всегда.

Судить о результатах работы СМО можно по показателям. Наиболее популярные из них:

- вероятность обслуживания клиента системой;
- пропускная способность системы;
- вероятность занятости каждого из канала и всех вместе;
- среднее время занятости каждого канала;
- среднее количество занятых каналов;
- вероятность простоя каждого канала;
- вероятность простоя всей системы;
- среднее количество заявок, стоящих в очереди;
- среднее время нахождения заявки в системе.

Судить о качестве полученной системы нужно по совокупности значений показателей. При анализе результатов моделирования (показателей) важно также обращать внимание на интересы клиента и интересы владельца системы, то есть минимизировать или максимизировать надо тот или иной показатель, а также на степень их выполнения. Заметим, что чаще всего интересы клиента и владельца между собой не совпадают или совпадают не всегда. Показатели будем обозначать далее  $H = \{h_1, h_2, \dots\}$ .

Параметрами СМО могут быть интенсивность потока заявок, интенсивность потока обслуживания, среднее время, в течение которого заявка готова ожидать обслуживания в очереди, количество каналов обслуживания, дисциплина обслуживания и так далее. Параметры — это то, что влияет на показатели системы. Параметры будем обозначать далее как  $R = \{r_1, r_2, \dots\}$  [2].

**Постановка задачи.** На рис. 1 приведен план АЗС. Рассмотрим метод моделирования СМО на ее примере и план ее исследования. Водители, проезжая по дороге мимо АЗС, могут захотеть заправить свой автомобиль. Хотя обслужиться (заправить машину бензином) не все автомобилисты

поряд; допустим, что из всего потока машин на заправку в среднем заезжает 5 машин в час.

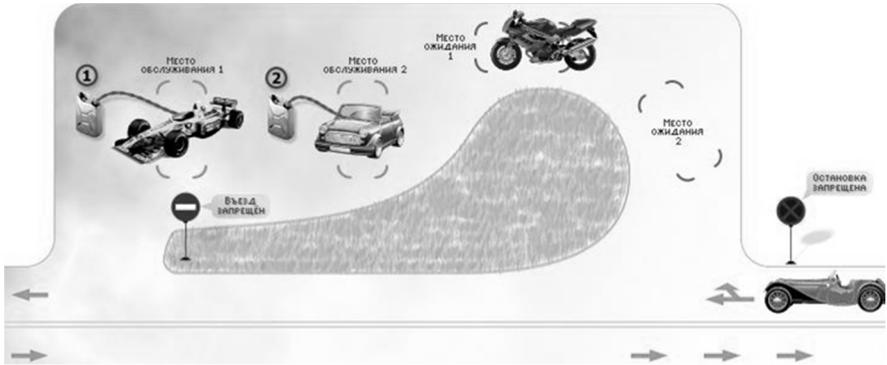


Рис. 1. План моделируемой АЗС

На АЗС две одинаковые колонки, статистическая производительность каждой из которых известна. Первая колонка в среднем обслуживает 1 машину в час, вторая в среднем — 3 машины в час. Владелец АЗС заасфальтировал для машин место, где они могут ожидать обслуживания. Если колонки заняты, то на этом месте могут ожидать обслуживания другие машины, но не более двух одновременно. Очередь будем считать общей. Как только одна из колонок освободится, то первая машина из очереди может занять ее место на колонке (при этом вторая машина продвигается на первое место в очереди). Если появляется третья машина, а все места (их два) в очереди заняты, то ей отказывают в обслуживании, так как стоять на дороге запрещено (см. дорожные знаки около АЗС). Такая машина уезжает прочь из системы навсегда и как потенциальный клиент является потерянной для владельца АЗС. Можно усложнить задачу, рассмотрев кассу (еще один канал обслуживания, куда надо попасть после обслуживания в одной из колонок) и очередь к ней и так далее. Но в простейшем варианте очевидно, что пути движения потоков заявок по СМО можно изобразить в виде эквивалентной схемы, а добавив значения и обозначения характеристик каждого элемента СМО, получаем окончательно схему, изображенную на рис. 2.

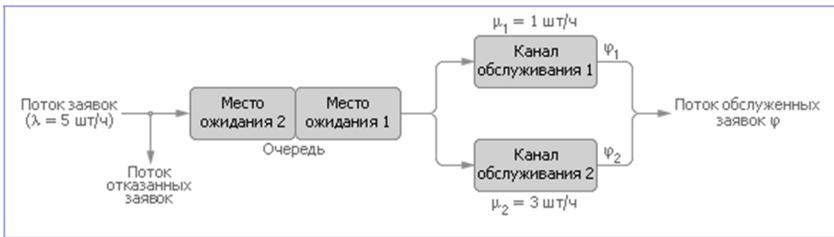


Рис. 2. Эквивалентная схема объекта моделирования

Поставлена и формализована задача построения математической модели многоканальной СМО неделимых групповых заявок, с очередью неограниченной длины и простым групповым потоком требований на входе.

#### Список литературы

1. Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания: учебник / П.П. Бочаров, А.В. Печенкин – М.: Изд-во РУДН, 1995.
2. Кручинин, С.В. К вопросу выбора между специализированностью и универсальностью в проектировании САПР (на примере САПР систем связи) / С.В. Кручинин, С.В. Зотов, А.В. Вишняков // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. –Т.4. – № 13. – С. 177-180.

*Материал поступил в редколлегию 03.10.18.*

УДК 681.5.017

DOI: 10.30987/conferencearticle\_5c19e5f56f50e1.37909908

Р.Р. Умутбаев, Р.И. Салимов, И.Ф. Мингазов, Э.Х. Галиев  
(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический  
университет имени А.Н. Туполева - КАИ (КНИТУ - КАИ))

### **МЕТОД КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ТРАССИРОВЩИКОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

*Рассматривается метод совместного применения трассировщиков  
TopoR и P-CAD для повышения производительности.*

*The method of joint application of TopoR and P-CAD routers for performance  
improvement is considered.*

*Ключевые слова: трассировка, печатная плата, TopoR P-CAD.*

*Keywords: trace, printed circuit board, TopoR P-CAD*

При создании проектов трассировки печатных плат можно воспользоваться огромным количеством программ, предназначенных для этих целей. К таким программам можно отнести Sprint-Layout, Eagle, Dip Trace, Express PCB, Altium Designer, Traget 3001, Free PCB, Kicad, TopoR, PCB-Investigator, P-CAD и др. При проектировании ПП, специалисты пользуются только одним программным обеспечением, по этой причине могут возникнуть сложности. Многие электрические схемы имеют микросхемы, питание к ним лучше подавать через блокировочные конденсаторы, и ширина дорожек, желательно, должна быть в диапазоне от 1,2 до 1,5 мм. С сигнальными дорожками легче, для них достаточно, чтобы ширина была в диапазоне от 0,25 до 0,3 мм. Сложности возникают при проверке результата