

В. А. Латышев¹, В. В. Тирских¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК НА ПРИМЕРЕ ЕДИНОГО КОНТАКТ-ЦЕНТРА ОАО «РЖД»

Аннотация. В данной статье описана работа сотрудников единого контакт центра по обработке обращений в автоматизированной системе управления единой службы поддержки пользователей (АСУ ЕСПП). В статье обработка обращений от пользователей представлена как система массового обслуживания (СМО). Найдены значения основных характеристик СМО. Представлен альтернативный способ подачи обращения в единый контакт центр.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, система массового обслуживания, обращение, технолог, информационные технологии.

V. A. Latyshev¹, V. V. Tirskikh¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF QUEUING SYSTEMS USING THE EXAMPLE OF THE UNIFIED CONTACT CENTER OF RUSSIAN RAILWAYS

Abstract. This article describes the work of employees of a single contact center for processing calls in an automated management system of a single user support service. In the article, the processing of calls from users is presented as a queuing system (QS). The values of the main characteristics of the QS are found. An alternative method of filing a call to a single contact cent is presented.

Keywords: service management automation, mass service system, circulation, technologist, information technology.

Введение

В настоящее время ОАО «РЖД» является крупной транспортной компанией, в состав которой входит большое количество дочерних компаний с общей численностью сотрудников более миллиона человек. Так как компания выполняет большой объем грузовых и пассажирских перевозок, то для совершенствования управления перевозками на железнодорожном транспорте во второй половине двадцатого века стали применять современные ЭВМ и экономико-математические методы [1, 2]. С развитием информационных технологий (ИТ) в компании появилась необходимость в создании Главного вычислительного центра, который бы осуществлял технологическую поддержку в области ИТ и упрощал взаимодействия пользователей с ИТ-специалистами. С этой целью компаниями HP и Digital Design для ОАО «РЖД» была разработана ЕСПП (Единая Служба Поддержки Пользователей). Работа технологов вычислительных центров основана на подходе IT Service Management (ITSM), который предназначен для управления и организации ИТ-услуг, направленных на удовлетворение потребностей пользователей.

Автоматизированная система управления (АСУ) ЕСПП создана с целью:

- упростить взаимодействие клиентов с технологами вычислительных центров;
- обеспечить контроль деятельности ИТ-служб;
- для регистрации, контроля и проверки эффективности выполнения обращений от пользователей;
- разделить сотрудников ВЦ для первой и второй линии поддержки (оперативная консультация и консультация экспертов);
- повысить эффективность выполнения обращений.

Существуют следующие способы подачи обращений инициатором или контактным лицом в ЕСПП:

- по телефону;
- бумажный носитель (в том числе факс);
- по электронной почте espp@espp.gvc.rzd;
- через портал ЕСПП, который является самым предпочтительным способом, потому что в шаблонах указано, какая информация необходима специалистам для выполнения, а само обращение попадает сразу в нужную группу, минуя промежуточное звено ЕКЦ;
- регистрация обращений через интеграцию с внешней системой;
- обращение напрямую к специалисту второй линии поддержки (в обход ЕСПП).

Инициатором обращения может выступать как сам пользователь, так и его контактное лицо, например, секретарь руководителя или ИТ-специалист подразделения пользователя.

На рисунке 1 представлен принцип работы ЕСПП (архитектура ЕСПП).

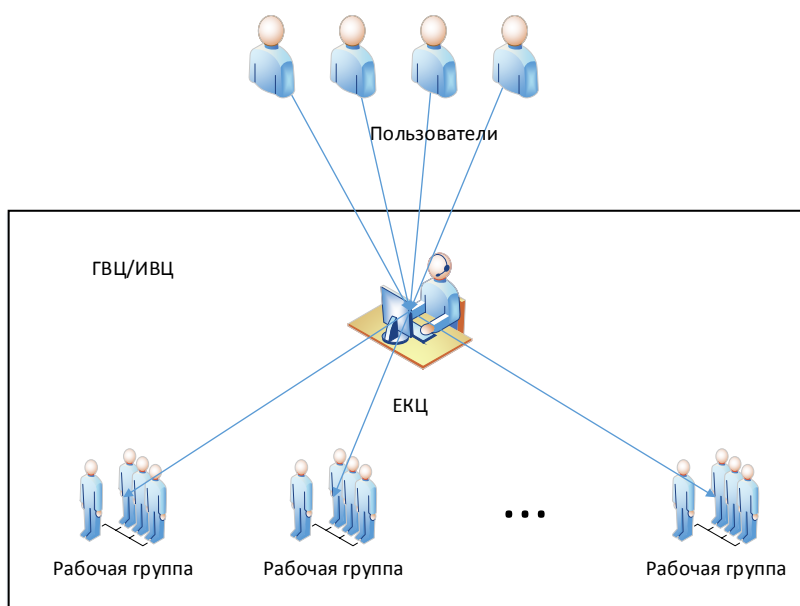


Рис. 1. Принцип работы ЕСПП

Постановка задачи

Ключевой процесс технологов Информационно-вычислительных центров является технологическая поддержка сотрудников ОАО «РЖД». Технологи оказывают круглосуточную ИТ-поддержку, выполняя обращения через портал ЕСПП. Процесс управления обращениями состоит из двух уровней обработок заявок. На первом уровне представлены диспетчеры АСУ ЕСПП, задача которых состоит в приеме обращений и в назначении ответственных исполнителей. На втором уровне – это профильные специалисты, работающие по запросам, направленные от диспетчеров ЕСПП. Поток обращений можно рассматривать как поток случайных событий.

Анализируя поток обращений, можно выделить следующие закономерности:

- а) обращения независимо друг от друга поступают постоянно, и вероятность поступления зависит от Δt , поэтому можно найти среднее число заявок в единицу времени. Следовательно, данный поток обращений обладает свойством стационарности;
- б) количество обращений не зависит от количества уже поступивших обращений. Следовательно, выполняется условие простейшего потока – отсутствие последствия;
- в) появление нескольких обращений в один момент времени маловероятно – ординарность.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что входящий поток обращений в ЕСПП является простейшим. Зная интенсивность λ поступления заявок, можно определить вероятность поступления заявок, которая подчиняется закону Пуассона.

$$P_i(n) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!},$$

где n – это события из простейшего потока, которые происходят на отрезке времени длины t с интенсивностью λ .

Поступающие обращения образуют случайный поток заявок. Случайный процесс приводит к тому, что СМО бывает загруженной неравномерно, то есть в какой-либо момент поступает большое количество заявок, а в другой СМО простаивает. Поэтому для простоты описания СМО, будем считать, что простейший поток является Марковским.

Модель системы состоит из двух подсистем: СМО для диспетчеров ЕСПП и СМО для профильных специалистов.

Система массового обслуживания для диспетчеров ЕСПП

Основная работа диспетчеров – это круглосуточный прием обращений от пользователей по телефону. Все обращения оформляются в АСУ ЕСПП и распределяются по рабочим группам для профильных специалистов. Рабочая группа – логическое объединение специалистов по принципу схожести решаемых задач, однотипности устраняемых инцидентов, выполняемых работ.

Во входящий поток также могут входить обращения, направленные от профильных специалистов. Данная ситуация происходит, когда пользователь неверно выбрал шаблон формирования обращения на портале ЕСПП. Вследствие этого обращение автоматически назначается в неверную рабочую группу, поэтому профильные специалисты переназначают обращение диспетчерам ЕСПП.

Количество каналов обслуживания зависит от количества диспетчеров ЕСПП, что приводит к представлению модели СМО, как многоканальной модели с отказами и бесприоритетной обработкой [3]. Если на момент поступления обращения, все каналы обслуживания заняты, то новые обращения получают отказ. Ниже представлена структурная схема (рис.2).

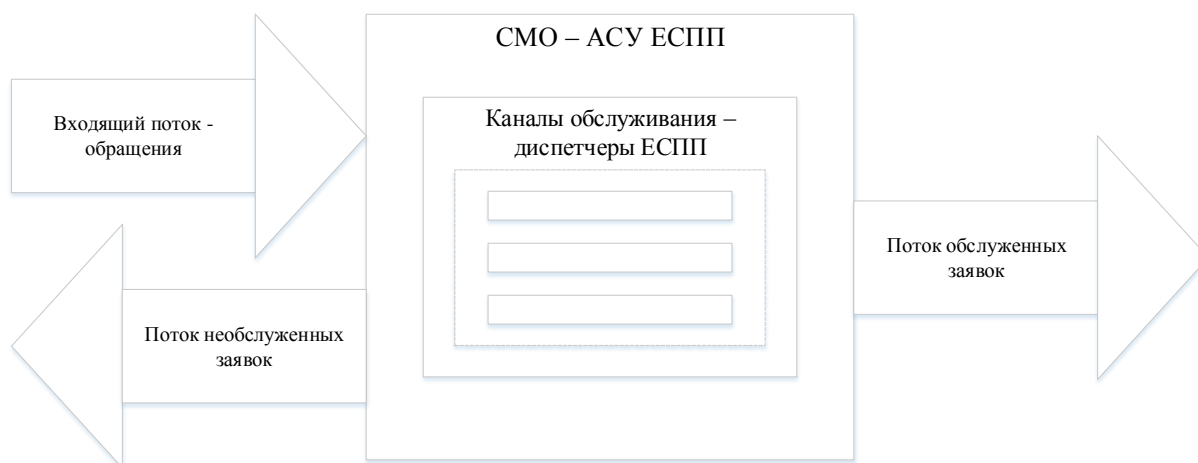


Рис. 2. Структурная схема

Введем следующие обозначения:

λ – интенсивность поступления обращений; μ – интенсивность обслуженных заявок (обработанных диспетчерами ЕСПП).

Состояния СМО: S_0 – все диспетчеры свободны; S_1 – один диспетчер занят; S_2 – два диспетчера занята; S_n – все диспетчеры заняты; t_1, t_2, \dots, t_n – в данные моменты времени про-

исходит изменения состояния системы; P_{ij}^m – условная вероятность, того что в момент t_{m-1} находится в состоянии S_i и в момент t_m перейдет S_j .

$$P_{ij}^m = P(S(t_m) = S_j | S(t_{m-1}) = S_i).$$

На рисунке 3 представлен ориентировочный граф СМО с отказами, вершины которого – это состояния системы (S_n), а дуги переходы между состояниями (λ, μ).

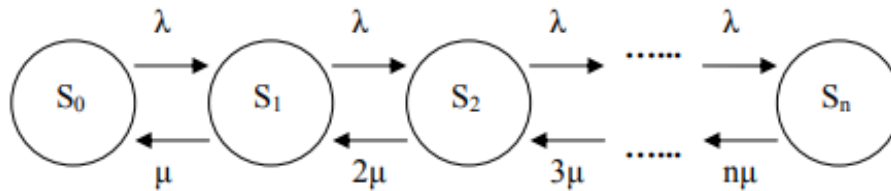


Рис. 3. Ориентировочный граф

В Марковской системе [4] с непрерывным временем и конечным числом каналов связи (диспетчера ЕСПП) вероятности состояний находятся с помощью решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова, которая имеет следующий вид:

$$\frac{dp_i}{dt} = \sum_{j=1} \lambda_{ij} p_j(t) - p_i(t) \sum_{i=1} \lambda_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где $\lambda_{ij} p_j(t)$ поток вероятности перехода из состояния S_i в состояние S_j . Указанные уравнения составляются, пользуясь размеченным графом состояний системы и следуя следующему правилу – производная вероятности каждого состояния равна сумме всех потоков вероятности, переходящих из других состояний в текущее, минус сумма всех потоков вероятности, переходящих из текущего состояния в другие. Чтобы решить данную систему дифференциальных уравнений нужно задать начальное распределение вероятностей $p_1(0), p_2(0), \dots, p_n(0)$,

сумма которых равна единице $\sum_{i=1}^n p_i(0) = 1$.

Далее составляется система уравнения Колмогорова для СМО с отказами

$$\begin{cases} p_0' = -\lambda p_0 + \mu p_1 \\ p_1' = -(\lambda + \mu) p_1 + 2\mu p_2 + \lambda p_0 \\ p_2' = -(\lambda + 2\mu) p_2 + 3\mu p_3 + \lambda p_1 \\ \dots \end{cases} \quad (1)$$

Поскольку финальные вероятности состояний системы не зависят от времени, то для решения системы левые части уравнений можно приравнять к нулю.

Система дифференциальных уравнений (1) преобразуется в систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 0 = -\lambda p_0 + \mu p_1 \\ 0 = -(\lambda + \mu) p_1 + 2\mu p_2 + \lambda p_0 \\ 0 = -(\lambda + 2\mu) p_2 + 3\mu p_3 + \lambda p_1 \\ \dots \\ p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему уравнений (2), получим формулы нахождения вероятностей

$$p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0; \quad p_2 = \frac{\lambda^2}{2\mu^2} p_0; \quad \dots \quad p_i = \frac{\lambda^i}{i! \mu^i} p_0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

а из условия нормировки (3) находим финальные вероятности

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2!\mu^2} + \dots + \frac{\lambda^i}{i!\mu^i} + \dots \right)^{-1}. \quad (4)$$

Одной из основных задач СМО – это оптимизация, что означает необходимость выбирать такие значения изменяемых переменных, чтобы определенные показатели эффективности принимали максимальные или минимальные значения.

В настоящее время ГВЦ очень тщательно следит за качеством обслуживания, поэтому одним из решающих факторов при оформлении обращения является оперативность предоставление запрашиваемой информации. Другим решающим фактором в работе ЕКЦ (Единого Контакт Центра) – это минимизация вероятности отказа приема обращений по телефону и максимизация относительной пропускной способности при условии, что значения интенсивности входящего потока и выполнения больше нуля.

Целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$P_n = f(\lambda, \mu, n) \rightarrow \min, \quad \lambda > 0, \quad \mu > 0, \quad n \geq 1. \quad (5)$$

Подготовка исходных данных

Далее приведен порядок расчета характеристик СМО (обработка обращений диспетчерами ЕСПП). В таблице 1 представлена статистика обращений по телефону с апреля 2019 года по март 2020 года.

Таблица 1. Статистика обращений

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Количество обращений	155566	132278	136851	163241	152178	147530
Месяц	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Количество обращений	160118	148265	158304	132027	140677	147917

Всего за 12 месяцев по телефону поступило 1774952 обращения, следовательно, в минуту поступает больше трех обращений (λ). Это и есть интенсивность поступления обращений в минуту.

$$\lambda = \frac{1774952}{12 \text{ мес.} * 30 \text{ дней} * 24 \text{ часа} * 60 \text{ мин.}} = 3,5 \text{ обрщ.}$$

В таблице 2 представлены нормы времени по работе с обращениями у диспетчеров ЕКЦ.

Таблица 2. Нормы времени

Наименование работы	Время (час)
Прием обращений от пользователя по телефону и регистрация в АСУ ЕСПП	0,06
Прием обращений от пользователя по телефону для регистрации ИИ в АСУ ЕСПП	0,033
Регистрация обращения о плановых или внеплановых работах на комплексах, обращение категории информирование	0,029
Прием и регистрация обращения от пользователя по телефону – запрос статуса обращения.	0,049
Просмотр статистики зарегистрированных обращений в системе ЕСПП, новых заявок, поступивших в систему.	0,034
Регистрация АСУ (новые пользователи)	0,024
Работа с обращением, возвращенным на доработку	0,039

Анализируя данные таблицы 2 можно сказать, что среднее время обслуживания обра-

щения 0,038 часа или 2,3 минуты. То есть время обработки обращения не должно превышать данные показатели. В итоге имеем следующие показатели: $\lambda = 3,5$, $t_{об} = 2,3$, $\mu = 0,43$.

Далее представлен расчет характеристик СМО для $k = 1$ до 17 – количество диспетчеров. Для начала найдем вероятности того, что все диспетчеры свободны. Формулу (4) можно записать следующим образом:

$$P_0 = \left(1 + p + \frac{p^2}{2!} + \dots + \frac{p^i}{i!} + \dots \right)^{-1}.$$

В расчетах [5] интенсивность поступления обращений была округлена до $\lambda = 4$. В таблице 3 представлены вероятности отказов и основные характеристики СМО при $k \geq 1$.

Таблица 3. Расчет показателей эффективности.

Число каналов	Вероятность отказа	Относительная пропускная способность	Абсолютная пропускная способность	Среднее число занятых каналов
k	$P_{отк}$	Q	A	$k_{ср}$
1	0,901960784	0,098039216	0,392156863	0,901960784
2	0,805788271	0,194211729	0,776846915	1,786747906
3	0,711905563	0,288094437	1,152377748	2,650468821
4	0,620836231	0,379163769	1,516655075	3,03331015
5	0,533220393	0,466779607	1,867118427	3,734236855
6	0,449825337	0,550174663	2,200698652	4,401397305
7	0,3715431	0,6284569	2,513827601	5,027655201
8	0,299363959	0,700636041	2,802544163	5,605088325
9	0,234312885	0,765687115	3,062748461	6,125496922
10	0,177339219	0,822660781	3,290643124	6,581286247
11	0,129162659	0,870837341	3,483349364	6,966698728
12	0,090102347	0,909897653	3,639590612	7,279181225
13	0,059942519	0,940057481	3,760229925	7,52045985
14	0,037897967	0,962102033	3,848408132	7,696816265
15	0,022716072	0,977283928	3,909135712	7,818271424
16	0,012893332	0,987106668	3,948426672	7,896853344
17	0,006929219	0,993070781	3,972283125	9,136251187

Проанализируем результаты. При $k \rightarrow \infty$ вероятность отказа стремится к нулю. Вероятность отказа при небольшом количестве диспетчеров ЕСПИ оказалась весьма значительная. Только при количестве шести диспетчеров, вероятность отказа приема звонка становится ниже $\frac{1}{2}$. Согласно статистике за 12 месяцев, приведенной в таблице 1 и по формуле (5), в минуту поступает 3,5 заявки. Следовательно согласно расчетам, необходимая абсолютная пропускная способность наступает, когда количество диспетчеров $k \geq 11$.

При $k \geq 11$ минимальные показатели эффективности будут следующие:

$$P_{отк} = 0,129162659; \quad Q = 0,870837341; \quad A = 3,483349364; \quad k_{ср} = 6,96669828$$

Если $k = 1$, то данная СМО становится одноканальной. Для определения загрузки канала используется коэффициент загрузки канала ρ :

$$\chi = \frac{\rho}{k}$$

Так как в нашем случае очередь не ограничена, то условием установления предельного стационарного режима является $\chi < 1$. В таблице 4 представлены значения коэффициента.

Таблица 4. Коэффициент использования системы.

Число каналов	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Коэффициент использования системы	χ	9,2	4,6	3,07	2,3	1,84	1,53	1,31	1,15	1,02	0,92	0,83	0,77	0,71
Число каналов	k	14	15	16	17									
Коэффициент использования системы	χ	0,66	0,61	0,58	0,54									

Условие $\chi < 1$ выполняется при $k > 10$, то есть система не перегружена. Один из способов изменения показателей эффективности СМО в лучшую или худшую сторону – это изменение времени обслуживания, следовательно, изменяется интенсивность обслуживания заявок. В нашем случае интенсивность поступления неизменна, так как согласно статистике, она равна 3,5. В таблице 5 представлены значения коэффициента использования для $\lambda = 4$ при времени обслуживания $t = 1$ до 3,6. Из полученных данных следует, что при увеличении времени обслуживания, увеличивается требуемое количество диспетчеров для соблюдения условия $\chi < 1$.

Таблица 5. Коэффициент использования системы.

$t_{об}$ μ k ρ	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
	1	0,909	0,833	0,769	0,714	0,667	0,625	0,588	0,556
	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8	7,2
17	0,235	0,259	0,282	0,306	0,329	0,353	0,376	0,4	0,424
16	0,25	0,275	0,3	0,325	0,35	0,375	0,4	0,425	0,45
15	0,267	0,293	0,32	0,347	0,373	0,4	0,427	0,453	0,48
14	0,286	0,314	0,343	0,371	0,4	0,429	0,457	0,486	0,514
13	0,308	0,338	0,369	0,4	0,431	0,462	0,492	0,523	0,554
12	0,333	0,367	0,4	0,433	0,467	0,5	0,533	0,567	0,6
11	0,364	0,4	0,436	0,473	0,509	0,545	0,582	0,618	0,655
10	0,4	0,44	0,48	0,52	0,56	0,6	0,64	0,68	0,72
9	0,444	0,489	0,533	0,578	0,622	0,667	0,711	0,756	0,8
8	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
7	0,571	0,629	0,686	0,743	0,8	0,857	0,914	0,971	1,029
6	0,667	0,733	0,8	0,867	0,933	1	1,067	1,133	1,2
5	0,8	0,88	0,96	1,04	1,12	1,2	1,28	1,36	1,44
4	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Продолжение таблицы 5.

$t_{об}$ μ k ρ	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
	0,526	0,5	0,476	0,455	0,435	0,417	0,400	0,385	0,370
	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10	10,4	10,8
17	0,447	0,471	0,494	0,518	0,541	0,565	0,588	0,612	0,635

16	0,475	0,5	0,525	0,55	0,575	0,600	0,625	0,650	0,675
15	0,507	0,533	0,56	0,587	0,613	0,640	0,667	0,693	0,720
14	0,543	0,571	0,6	0,629	0,657	0,686	0,714	0,743	0,771
13	0,585	0,615	0,646	0,677	0,708	0,738	0,769	0,800	0,831
12	0,633	0,667	0,7	0,733	0,767	0,800	0,833	0,867	0,900
11	0,691	0,727	0,764	0,8	0,836	0,873	0,909	0,945	0,982
10	0,76	0,8	0,84	0,88	0,920	0,960	1,000	1,040	1,080
9	0,844	0,889	0,933	0,978	1,022	1,067	1,111	1,156	1,200
8	0,95	1	1,05	1,1	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350
7	1,086	1,143	1,2	1,257	1,314	1,371	1,429	1,486	1,543
6	1,267	1,333	1,4	1,467	1,533	1,600	1,667	1,733	1,800
5	1,52	1,6	1,68	1,76	1,840	1,920	2,000	2,080	2,160

Продолжение таблицы 5.

$t_{об}$ и к р	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6
	0,357	0,345	0,333	0,323	0,313	0,303	0,294	0,286	0,278
	11,2	11,6	12	12,4	12,8	13,2	13,6	14	14,4
17	0,659	0,682	0,706	0,729	0,753	0,776	0,800	0,824	0,847
16	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825	0,850	0,875	0,900
15	0,747	0,773	0,800	0,827	0,853	0,880	0,907	0,933	0,960
14	0,800	0,829	0,857	0,886	0,914	0,943	0,971	1,000	1,029
13	0,862	0,892	0,923	0,954	0,985	1,015	1,046	1,077	1,108
12	0,933	0,967	1,000	1,033	1,067	1,100	1,133	1,167	1,200
11	1,018	1,055	1,091	1,127	1,164	1,200	1,236	1,273	1,309

Недостаток СМО с отказами заключается в том, что существует вероятность отказа обслуживания заявок, которую можно уменьшить за счет увеличения количества диспетчеров или уменьшении времени обслуживания. Данные способы не оправдывают себя. Во первых, с увеличением количества рабочих мест увеличиваются затраты в компании (компьютерное оборудование, канцтовары, медицинские страховки, заработная плата и так далее). Во вторых, если уменьшить время обслуживания, то снизится качество обслуживания со стороны диспетчеров для соблюдения нормы времени по работе с обращениями. Вследствие этого, для профильных специалистов будет сформирован неверный запрос или запрос будет направлен в неверную рабочую группу, а это, безусловно, будет считаться ошибкой диспетчера.

Для ГВЦ одной из основных задач является оперативное решение запросов и инцидентов от пользователей, не снижая качество предоставляемых услуг. Одним из способов избавления отказов – это организовать работу диспетчеров ЕСПП как многоканальную СМО с неограниченной очередью.

Моделирование СМО с неограниченной очередью

В настоящее время пользователи могут оставить обращение как по телефону, так и через портал ЕСПП, но многим пользователям легче оставить обращение по телефону через ЕКЦ, поэтому бывают случаи, когда все телефонные линии заняты, вследствие чего происходят отказы. Для того чтобы избежать отказов, все обращения регистрируются.

Суть заключается в следующем:

а) пользователь звонит по единому номеру телефона в ЕКЦ. Автоответчик предлагает пользователю либо оставить аудио-обращение, либо связаться с диспетчером ЕСПП. Если же пользователь выбирает первое действие, то ему необходимо предоставить следующие данные: ФИО, филиал ОАО «РЖД», номер телефона для обратной связи и суть проблемы (далее

будут рассмотрены только аудио-обращения). Выбрав же второе действие, пользователь связывается с диспетчером на прямую;

б) после того как пользователь оставил обращение, система, которая отвечает за формирование аудио-обращений, должна проанализировать аудиофайл и проверить файл на соответствующие требования. Требования к аудиофайлам: 1) продолжительность записи должна быть больше пяти секунд; 2) файл должен содержать человеческую речь. Если данные требования не будут выполняться, то аудиофайл не попадет на обработку диспетчером ЕСПП;

в) после того как система проанализировала аудиофайл, у диспетчера ЕСПП в системе формируется список аудио-обращений, который он обязан прослушать, проанализировать полученную информацию и сформировать запрос для профильных специалистов.

Основные характеристики СМО с ожиданием

Диспетчерам ЕСПП поступает пуассоновский поток обращений с интенсивностью $\lambda = 4$ обращения в минуту. Время обработки обращения $t = 2,3$ минуты. На рисунке 4 представлен размеченный граф состояний для СМО с ожиданием. Так как длина очереди не установлена, то график имеет бесконечное число состояний.

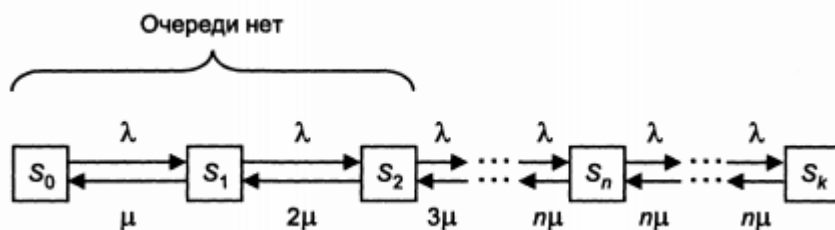


Рис. 4. Размеченный граф СМО с неограниченной очередью.

Из условия задачи следует, что интенсивность нагрузки $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 9,2$, поэтому вычисления показателей системы следует начинать с $k = 10$ для того, чтобы система не была перегружена. При условии $\rho < k$ длина очереди будет бесконечно возрастать и рационально организовать систему будет невозможно. Это условие удовлетворяет, если количество поступивших заявок за время обслуживания меньше количества обслуживающих каналов. Если система все время перегружена и будет не справляться с поставленными задачами, то при $t \rightarrow \infty$ очередь будет постоянно возрастать. В таблице 6 представлены вероятности состояний при $k \geq 10$ и при отсутствии очереди.

Таблица 6. Вероятности состояний

k	10	11	12	13	14	15	16	17
P_0	4,87E-05	7,77E-05	9,06E-05	9,64E-05	9,9E-05	0,0001	0,000101	0,000101
P_1	0,000448	0,000715	0,000833	0,000887	0,000911	0,000921	0,000926	0,000928
P_2	0,002063	0,003289	0,003833	0,004078	0,004189	0,004238	0,00426	0,004269
P_3	0,006326	0,010085	0,011755	0,012506	0,012846	0,012997	0,013064	0,013093
P_4	0,014549	0,023196	0,027036	0,028765	0,029545	0,029894	0,030048	0,030114
P_5	0,026771	0,042681	0,049746	0,052927	0,054363	0,055005	0,055287	0,055409
P_6	0,041048	0,065444	0,076277	0,081155	0,083356	0,084341	0,084774	0,084961
P_7	0,053949	0,086012	0,100249	0,106661	0,109553	0,110848	0,111417	0,111663
P_8	0,062042	0,098914	0,115287	0,12266	0,125986	0,127475	0,12813	0,128412
P_9	0,06342	0,101112	0,117849	0,125386	0,128786	0,130308	0,130977	0,131266
P_{10}	0,058347	0,093023	0,108421	0,115355	0,118483	0,119883	0,120499	0,120765
P_{11}	0	0,077801	0,090679	0,096479	0,099095	0,100266	0,100781	0,101003

P_{12}	0	0	0,069521	0,073967	0,075973	0,07687	0,077266	0,077436
P_{13}	0	0	0	0,052346	0,053765	0,054401	0,05468	0,054801
P_{14}	0	0	0	0	0,035332	0,035749	0,035933	0,036012
P_{15}	0	0	0	0	0	0,021926	0,022039	0,022087
P_{16}	0	0	0	0	0	0	0,012672	0,0127
P_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0,006873
Σ	0,329012	0,60235	0,771575	0,873268	0,932281	0,965221	0,982855	0,991893

Сумма вероятностей состояний позволяет найти вероятность отсутствия очереди. Основные характеристики СМО представлены в таблице 7.

Таблица 7. Основные характеристики СМО

k	10	11	12	13	14	15	16	17
Вероятность отказа ($P_{отк}$)	0	0	0	0	0	0	0	0
Относительная пропускная способность (Q)	1	1	1	1	1	1	1	1
Абсолютная пропускная способность (A)	4	4	4	4	4	4	4	4
Среднее число занятых каналов (k_3)	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Коэффициент занятости каналов (K_3)	0,920	0,836	0,767	0,708	0,657	0,613	0,575	0,541
Вероятность отсутствия очереди ($P_{б/о}$)	0,329	0,602	0,772	0,873	0,932	0,965	0,983	0,992
Вероятность образования очереди ($P_{оч}$)	0,671	0,398	0,228	0,127	0,068	0,035	0,017	0,008
Среднее число заявок в очереди ($L_{оч}$)	8,387	2,430	0,979	0,434	0,198	0,090	0,040	0,018
Среднее время ожидание заявки в очереди ($T_{оч}$)	2,097	0,608	0,245	0,108	0,049	0,022	0,010	0,004
Среднее число обслуживаемых заявок ($L_{об}$)	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Среднее число заявок в системе ($L_{смo}$)	17,587	11,630	10,179	9,634	9,398	9,290	9,240	9,218
Среднее время пребывания заявки в системе ($T_{смo}$)	4,397	2,908	2,545	2,408	2,349	2,322	2,310	2,304

Заключение

Изучив полученные значения, можно прийти к следующим выводам:

а) в многоканальной СМО с неограниченной очередью, любая заявка будет обслужена ($Q = 1$) при выполнении условия $\chi < 1$, поэтому вероятность отказа всегда будет равна нулю ($P_{отк} = 0$) и среднее число заявок, которые система может обслужить за единицу времени, зависит только от интенсивности поступления обращений;

б) СМО не будет перегружена и будет справляться с обслуживанием при $k \geq 10$, то есть $\chi < 1$;

в) при количестве диспетчеров $k = 13$ и более вероятность отсутствия очереди больше 85%, что является хорошим показателем. При $k < 13$ вероятность отсутствия очереди слишком низкая.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабурин В.А., Полянская Т.И., Шилкина И.Д. Экономико-математические методы и модели в управлении водным транспортом. Системы массового обслуживания: учебное пособие – Санкт-Петербург: СПГУВК, 2009. – 113 с.
2. Фомин Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности: учебник для вузов, обучающихся по экономическим специальностям – Москва: Финансы и статистика, 2005.– 614 с.
3. Бутырин О.В., Бутырина Ю.О., Тирских В.В. Математическое моделирование процесса перевозок пригородного железнодорожного транспорта. //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-5. – С. 776-779.
4. Гефан Г.Д. Марковские процессы и системы массового обслуживания: учебное пособие – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – 77 с.
5. Куликова О.В., Завьялова Т.В., Скачков П.П. Анализ характеристик систем массового обслуживания средствами Mathcad: учебное пособие – Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 41 с.

REFERENCES

1. Baburin V. A., Polyanskaya T. I., Shilkina I. D. Economic and mathematical methods and models in water transport management. Queuing systems: tutorial – Saint Petersburg: SPGUVK 2009. – 113 p.
2. Fomin G. P. Mathematical methods and models in commercial activity: textbook for universities studying in economic specialties – Moscow: Finance and Statistics, 2005. – 616 p.
3. Butirin O.V., Butirina Yu. O., Tirskikh V.V. Mathematical modeling of process of transportations of suburban railway transport. // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2015. – № 12-5. – P. 776-779
4. Gefan G. D. Markov processes and Queuing systems: tutorial – Irkutsk [Irkutsk State Transport University], 2009, – 77 p.
5. Kulikova O. V., Zavyalova T. V., Skachkov P. P. Analysis of characteristics of Queuing systems by means of Mathcad Ekaterinburg: tutorial – USURT, 2006. – 41p.

Информация об авторах

Владислав Андреевич Латышев, магистр, Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15, тел. (0992-46)3-63-11, e-mail: latyshevva@icloud.com.

Владимир Викторович Тирских, кандидат физико-математических наук, доцент, Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15, тел. (3952)638311, e-mail: tirskikh_vv@irgups.ru.

Authors

Valdislav Latyshev, master, Irkutsk State Transport University, 15, Chernyshevsky str., Irkutsk, 664074, Russian Federation; tel.: (0992-46)3-63-11 e-mail: latyshevva@icloud.com.

Vladimir Tirskikh, Cand. Sci. (Phys.–Math.), Assoc. Prof., Irkutsk State Transport University, 15, Chernyshevsky str., Irkutsk, 664074, Russian Federation; tel.: (3952)638311 e-mail: tirskikh_vv@irgups.ru.

Для цитирования

Латышев В. А., Тирских В. В. Анализ характеристик систем массового обслуживания заявок на примере единого контакт центра ОАО «РЖД» // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. 2020. №4(10). – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/410-2020>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 05.12.2020).

For citations

Latyshev V. A., Tirskikh V. V. Analysis of the characteristics of queuing systems using the example of the unified contact center of russian railways. *The electronic scientific journal "Young science of Siberia"*, 2020, no. 4(10). [Accessed 05/12/20] (in Russian).