УДК 621.39

Вероятностно-временные характеристики обработки клиентских заявок в личных кабинетах веб-сервера

Д.А. БЛУДОВ[1], П.С. ВИХЛЯНЦЕВ[1], канд. техн. наук, А.Н. НАЗАРОВ[2], д-р техн. наук, М.В. СИМОНОВ[1], канд. воен. наук, К.И. СЫЧЕВ[3], д-р техн. наук

[1]*ФГУП «ЦентрИнформ», г. Санкт-Петербург*

[2]*ООО «Группа информационной безопасности», г. Москва*

[3]*Академия ФСО России, г. Орел*

E-mail: a.nazarov06@bk.ru

Разработаны и исследованы стохастические модели обработки клиентских заявок на предоставление государственных услуг. Предложен подход для аналитического расчета вероятностно-временных характеристик процесса обработки клиентских заявок в личных кабинетах веб-сервера в случае организации больших очередей.

Ключевые слова: *портал, веб-сервер, очередь, заявка, модель, случайная величина, клиент, личный кабинет, обработка, окно, плотность распределения, среднее значение, дисперсия, круговой опрос, разделение процессора, преобразование Лапласа—Стилтьеса, контроль, вероятностно-временные характеристики.*

The stochastic models of processing client requests for providing the public services have been developed and studied. The approach for the analytical calculation of the probability-time characteristics of the processing process of client requests in personal accounts on the web server in the case of large queues was suggested.

Keywords: *portal, web North, queue, application, model, random variable, client, personal account, processing, window, distribution density, mean value, variance, circular questioning, processor sharing, Laplace—Stieltjes transformation, control, probability-time characteristics.*

Введение

Государственная политика Российской Федерации в сфере информатизации реализуется в соответствии со стратегией развития информационного общества, принятой в 2008 г. [1]. Поставлены стратегические цели полностью перейти на предоставление государственных услуг населению с использованием информационных и телекоммуникационных технологий и довести до 70% долю электронного документооборота между органами государственной власти в общем документообороте.

Перечень государственных услуг достаточно широкий и включает:

- предоставление отчетности в налоговые органы, пенсионный фонд, Росстат и др.;
- декларирование об объемах производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции;
- предоставление документов на лицензирование деятельности;
- регистрацию прав на недвижимое имущество и другие государственные услуги.

Эффективной формой предоставления государственных услуг является открытие порталов (веб-серверов) и организация личных кабинетов клиентов.

Эффективность обработки клиентских заявок (далее — заявок) в значительной степени зависит от пропускной способности цифровых трактов привязки и производительности серверного оборудования.

В подавляющем большинстве случаев обработка заявок в личном кабинете включает форматно-логический контроль (ФЛК) заявок, формирование и обработку очередей и фиксацию принятых заявок в базах данных.

Алгоритмы и содержание ФЛК определяются в зависимости от вида и формата заявки, состава заполняемых полей и т.п. и в настоящей статье не рассматриваются.

Практический интерес представляет построение математической модели обработки заявок и получение соотношений для расчета вероятностно-временных характеристик (ВВХ) процесса обработки заявок, представляющих собой отчеты, декларации, заявления, запросы информации и т.п.

Постановка задачи

Будем полагать, что на портале предоставления государственных услуг зарегистрировано N личных кабинетов клиентов, в которых осуществляется ФЛК принятых заявок и их последующая фиксация в базе данных в порядке очереди. Под фиксацией понимается запись данных из заявки в соответствующие поля базы данных с последующей отправкой сообщения пользователю с отметкой о приеме заявки.

На обработку (обслуживание) заявки требуется случайная величина (с.в.) времени t_β, распределенная по экспоненциальному закону:

$$B(t) = 1 - \exp(-bt),\ T_\beta = 1/b, \tag{1}$$

где T_β — среднее время обслуживания; b — интенсивность обслуживания.

Упрощенная блок-схема обслуживания заявок методом кругового (циклического) опроса (RR — Round Robin), прошедших ФЛК, представлена на рис. 1.

Заявки, прошедшие ФЛК, образуют очередь, в которой каждая из заявок обслуживается в течение временного «окна обслуживания» (далее — временное окно). Такая дисциплина организации очереди носит название справедливой, так как доступные ресурсы распределены одинаково среди поступающих заявок [2].

По истечении временного окна обслуживание прерывается и заявка возвращается в конец FCFS-очереди, ожидая очередное временное окно для обслуживания. Таким образом, цикл обслуживания может повторяться неоднократно, до тех пор, пока заявка не покинет очередь, которую полагаем неограниченной.

Временной процесс переноса заявки, прошедшей ФЛК, из очереди в базу данных можно представить в виде стохастической сетевой модели, изображенной на рис. 2, согласно принятой символике [4].

Здесь под с.в. времени установления контакта $t_{ук}$ понимается длительность с момента постановки в очередь заявки ($k = 1$) до момента предоставления первого временного окна.

Будем полагать, что с.в. длительности временного окна t_γ распределена по закону гамма-распределения с плотностью распределения

$$\gamma(t) = \frac{c(ct)^{r_\gamma - 1}\exp(-ct)}{\Gamma(r_\gamma)}, \tag{2}$$

$$T_\gamma = \frac{r_\gamma}{c};\ D[t_\gamma] = \frac{r_\gamma}{c^2},$$

где T_γ, $D[t_\gamma]$ — среднее значение и дисперсия длительности временного окна; r_γ и $1/c$ — параметры формы и масштаба гамма-распределения; $\Gamma(r_\gamma)$ — гамма-функция.

Условно с.в. длительности временного окна t_γ можно считать временем исправной работы системы обслуживания заявки, а с.в. времени обслуживания других заявок в очереди t_δ — временем простоя.

В общем случае для i-й заявки с.в. длительности простоя представляет собой сумму случайного числа случайных слагаемых [3]

$$t_{\delta_i} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n_{оч}} t_{\gamma_j}, \tag{3}$$

где $n_{оч}$ — с.в. длины очереди.

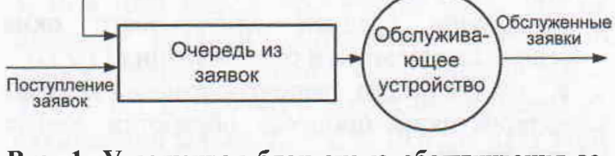

Рис. 1. Упрощенная блок-схема обслуживания заявок методом кругового опроса

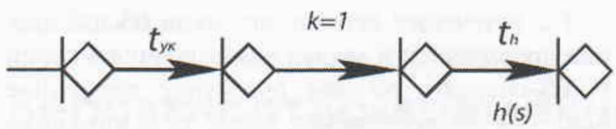

Рис. 2. Стохастическая сетевая модель переноса заявки:
$t_{ук}$ — с.в. времени установления контакта; $k = 1$ — момент постановки заявки в очередь; t_h — с.в. времени переноса заявки в базу данных; $h(s)$ — преобразование Лапласа—Стилтьеса функции распределения с.в. времени переноса заявки в базу данных

Количество заявок, образующих очередь, за исключением i-й, характеризуется средним значением $N_{оч}$ и дисперсией $D[n_{оч}]$:

$$N_{оч} = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{N} P_j,\ D[n_{оч}] = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{N} P_j(1-P_j), \quad (4)$$

где P_j — вероятность нахождения в очереди заявки, сформированной в j-м кабинете; N — общее количество личных кабинетов в системе.

С учетом (2) и (4) среднее значение и дисперсия времени простоя равны:

$$T_\delta = T_\gamma N_{оч},\ D[t_\delta] = T_\gamma^2 D[n_{оч}] + \frac{T_\gamma^2}{r_\gamma} N_{оч}. \quad (5)$$

Так как с.в. длительности временного окна распределена по закону гамма-распределения, то можно считать, что с.в. времени простоя t_δ также подчиняется гамма-распределению с плотностью вероятности

$$d(t) = \frac{d(dt)^{r_\delta - 1}\exp(-dt)}{\Gamma(r_\delta)}, \quad (6)$$

где $r_\delta = \dfrac{T_\delta^2}{D[t_\delta]}$, $d = \dfrac{r_\delta}{T_\delta}$, а r_δ и $1/d$ — параметры формы и масштаба функции распределения времени простоя; $\Gamma(r_\delta)$ — гамма-функция.

К частным характеристикам процесса обработки заявок можно отнести:

- среднюю длительность временного окна (T_γ);
- среднюю длительность обслуживания заявки (T_β);
- отношение средней длительности окна к средней длительности обслуживания (T_γ/T_β).

К обобщенным вероятностно-временным характеристикам процесса обработки заявок можно отнести:

- среднее время установления контакта ($T_{ук}$);
- среднее время фиксации (переноса) заявки в базе данных (T_h);
- общее среднее время (T_v) и среднеквадратическое отклонение времени обслуживания заявки $(\sigma[t_v])$;
- количество заявок, принятых для обработки ($N_{оч}$);
- вероятность обработки заявок за время, не превышающее заданное $P(t_v \le T_{зад})$.

Требуется определить обобщенные вероятностно-временные характеристики процесса обработки заявок методом кругового опроса.

Решение

Среднее значение и дисперсия времени обслуживания заявок, прошедших ФЛК, в системе с круговым опросом складываются из длительности двух процессов:

- среднего значения $T_{ук}$ и дисперсии времени $D[t_{ук}]$, которые затрачивает заявка, прошедшая ФЛК, на нахождение в очереди до момента предоставления ей первого временного окна;
- среднего значения T_h и дисперсии времени $D[t_h]$ на перенос заявки в базу данных методом кругового опроса с момента предоставления заявке первого временного окна:

$$T_v = T_{ук} + T_h,\ D[t_v] = D[t_{ук}] + D[t_h]. \quad (7)$$

Среднее время и дисперсия времени заявки, прошедшей ФЛК, от момента ее поступления в очередь до момента предоставления первого временного окна для последующего ее переноса в базу данных могут быть выражены через средние значения и дисперсию времени простоя:

$$T_{ук} = T_\delta = N_{оч} T_\gamma,$$
$$D[t_{ук}] = D[t_\delta] = T_\gamma^2 D[n_{оч}] + \frac{T_\gamma^2}{r_\gamma} N_{оч}. \quad (8)$$

Длительность времени установления контакта характеризуется теми же параметрами формы и масштаба времени простоя:

$$r_{ук} = r_\delta = \frac{T_{ук}^2}{D[t_{ук}]},\ d_{ук} = \frac{r_{ук}}{T_{ук}}. \quad (9)$$

При принятых ограничениях (1), (2) и (6) соотношение для преобразований Лапласа—Стилтьеса функции распределения с.в. времени переноса заявки $h(s)$ в базу данных имеет вид [4]:

$$h(s) = \frac{1-\gamma(s+b)}{1-\delta(s)\gamma(s+b)} \cdot \frac{b}{b+s},$$

где $\gamma(s+b)$ — преобразование Лапласа—Стилтьеса функции распределения с.в. длительности временного окна по параметру $(s+b)$; $\delta(s)$ — преобразование Лапласа—Стилтьеса функции распределения времени простоя; $b/(b+s)$ — преобразование Лапласа—Стилтьеса функции распределения длительности обслуживания $B(t)$; s — параметр преобразования.

Введем следующие обозначения: $\beta(s) = b/(b+s)$ — характеризует длительность времени переноса заявки в базу данных при отсутствии очереди и $\alpha(s)=\dfrac{1-\gamma(s+b)}{1-\delta(s)\gamma(s+b)}$ — характеризует увеличение времени переноса заявки в базу данных за счет возникновения очереди, тогда получим: $h(s)=\alpha(s)\beta(s)$.

Первые два начальных момента h_1, h_2 и дисперсия с.в. длительности переноса заявки в базу данных составляют:

$$h_1=\beta_1+\alpha_1,\ h_2=\beta_2+2\beta_1\alpha_1+\alpha_2,$$

$$D[t_h]=\beta_2-\beta_1^2+\alpha_2-\alpha_1^2,$$

где $\beta_1=1/b$; $\beta_2=2/b^2$ — первый и второй начальные моменты случайной величины, характеризуемой экспоненциальной функцией распределения $B(t)$;

$$\alpha_1=\delta_1\frac{\gamma(b)}{1-\gamma(b)},\ \alpha_2=\delta_2\frac{\gamma(b)}{1-\gamma(b)}+$$

$$+2\delta_1\frac{\gamma_1(b)}{[1-\gamma(b)]^2}+2\delta_1^2\frac{\gamma^2(b)}{[1-\gamma(b)]^2}.$$

В свою очередь, первые два начальных момента с.в. длительности времени между временными окнами при принятых ограничениях (2), (3) и (7) составляют:

$$\delta_1=T_\delta;\ \delta_2=T_\delta^2(1+1/r_\delta),$$

а отношение с.в. длительности временного окна к длительности обслуживания и первый начальный момент этого соотношения имеют вид:

$$\gamma(b)=\left[1+\frac{bT_\gamma}{r_\gamma}\right]^{-r_\gamma};\ \gamma_1(b)=T_\gamma\left[1+\frac{bT_\gamma}{r_\gamma}\right]^{-(r_\gamma+1)}.$$

При средней длине очереди $N_{оч}$ можно определить вероятность того, что с.в. времени переноса заявки в базу данных t_v не превысит заданного значения $T_{зад}$:

$$P(t_v\le T_{зад})=\frac{\int_0^{T_{зад}}\frac{r_v}{T_v}\left[\frac{r_v}{T_v}t\right]^{r_v-1}e^{-\frac{r_v}{T_v}t}dt}{\Gamma(r_\gamma)},$$

где $r_v=T_v^2/D[t_v]$ — параметр формы; $\Gamma(r_\gamma)=\int_0^\infty\frac{r_v}{T_v}\left[\frac{r_v}{T_v}t\right]^{r_v-1}e^{-\frac{r_v}{T_v}t}dt$ — гамма-функция.

Расчеты показывают, что значение параметра формы r_v близко к единице, и, следовательно, функцию распределения времени переноса заявки в базу данных после прохождения ею ФЛК можно считать распределенной по экспоненциальному закону.

Расчетные соотношения для частных случаев

Для практики целесообразно рассмотреть два частных случая:

а) с.в. длительности временного окна подчинена экспоненциальному закону распределения ($r_\gamma=1$);

б) длительность временного окна имеет регулярный характер ($r_\gamma\to\infty$).

Расчетные соотношения для среднего времени и дисперсии времени переноса заявки в базу данных, определяемых по (8) при экспоненциальном и регулярном распределении с.в. длительности окна обслуживания, представлены в табл. 1.

Анализ результатов

Анализ результатов и расчетов проведем для системы личных кабинетов, организуемой для периодической сдачи отчетов и деклараций. Отличительными особенностями такой системы являются большое количество личных кабинетов и периодическая сдача в личные кабинеты отчетов или деклараций один раз в квартал в течение определенного отрезка времени после окончания квартала.

Будем полагать, что общее количество зарегистрированных заявок в системе личных кабинетов составляет 200 тыс. Рассчитаем временные показатели одновременной обработки 5, 10 и 1000 заявок, прошедших ФЛК, при отношении средней длительности временного окна к среднему времени обслуживания заявки $T_\gamma/T_\beta=0{,}1$; 0,01; 0,001 при средних временах обслуживания заявки $T_\beta=1$; 5; 10 с для двух вариантов:

1. Расчетные соотношения для среднего времени и дисперсии времени переноса заявки в базу данных

<table>
<tr><th>Показатели</th><th>$r_\gamma = 1$</th><th>$r_\gamma \to \infty$</th></tr>
<tr><td>Соотношение значений длительности временного окна и длительности обслуживания при реализации метода кругового обмена</td><td>$\gamma(b) = \dfrac{T_\beta}{T_\gamma + T_\beta}$
$\gamma_1(b) = T_\gamma \left(\dfrac{T_\beta}{T_\gamma + T_\beta} \right)^2$</td><td>$\gamma(b) = e^{-T_\gamma / T_\beta}$
$\gamma_1(b) = T_\gamma e^{-T_\gamma / T_\beta}$</td></tr>
<tr><td>Первые два начальных момента, характеризующие увеличение времени обслуживания при использовании метода кругового опроса</td><td>$\alpha_1 = \beta_1 c \delta_1$
$\alpha_2 = \beta_2 c \delta_2 + 2\beta_1 c \delta_1 + 2\beta_1^2 c^2 \delta_1$
$\beta_1 = T_\beta$
$\beta_2 = 2T_\beta^2$
$c = \dfrac{1}{T_\gamma}$</td><td>$\alpha_1 = \delta_1 \dfrac{e^{-T_\gamma / T_\beta}}{1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}}$
$\alpha_2 = \delta_2 \dfrac{e^{-T_\gamma / T_\beta}}{1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}} + 2\delta_1 \dfrac{T_\gamma e^{-T_\gamma / T_\beta}}{[1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}]^2} + 2\delta_1^2 \left[\dfrac{e^{-T_\gamma / T_\beta}}{1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}} \right]^2$</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">$\delta_1 = T_\delta \quad \delta_2 = T_\delta^2 (1 + 1 / r_\delta)$
$r_\delta = \dfrac{T_\delta^2}{D[t_\delta]} \quad D[t_\delta] = \delta_2 - \delta_1^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Первые два начальных момента и дисперсия с.в. суммарного времени обслуживания</td><td colspan="2">$T_v = T_{ук} + T_h \quad D[t_v] = D[t_{ук}] + D[t_h]$</td></tr>
<tr><td>$T_{ук} = N_{оч} T_\delta$
$D[t_{ук}] = T_\gamma^2 D[n_{оч}] + T_\gamma^2 N_{оч}$
$T_h = \beta_1 (1 + c\delta_1)$
$h_2 = \beta_2 (1 + c\delta_1)^2 + \beta_1 c \delta_2$
$D[t_h] = h_2 - T_h^2$</td><td>$T_{ук} = N_{оч} T_\delta$
$D[t_{ук}] = T_\gamma^2 D[n_{оч}]$
$T_h = T_\beta + \alpha_1$
$h_2 = \beta_2 + 2\beta_1 \alpha_1 + \alpha_2$
$D[t_h] = h_2 - T_h^2$</td></tr>
</table>

- экспоненциального распределения длительности временного окна $r_\gamma = 1$;
- постоянной длительности временного окна $r_\gamma \to \infty$.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Анализ результатов расчетов свидетельствует, что при регулярном характере длительности временного окна средние значения длительности переноса заявок из очереди в базу данных при круговом опросе оказываются несколько меньше значений средних времен переноса при экспоненциальном характере длительности временного окна. Это объясняется уменьшением величины отношения длительности временного окна к длительности обслуживания $\gamma(b)$ при увеличении параметров формы r_γ. При уменьшении отношения T_γ / T_β разность уменьшается, и при $T_\gamma \to 0$ среднее значение длительности переноса заявки в базу данных при регулярном характере длительности временного окна совпадает со средними значениями переноса заявок при экспоненциальном распределении:

$$\lim_{T_\gamma \to 0} T_\gamma N_{оч} \frac{e^{-T_\gamma / T_\beta}}{1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}} = T_\beta N_{оч}.$$

Поэтому в реальных системах, использующих метод кругового опроса, отношение длительности временного окна к длительности обслуживания T_γ / T_β выбирается около 0,1 или немного более.

Для систем кругового опроса и биномиального распределения числа заявок, прошедших ФЛК, среднее время переноса заявок в базу данных составляет $T_h = T_\beta + \alpha_1$, где $\alpha_1 = \delta_1 \dfrac{e^{-T_\gamma / T_\beta}}{1 - e^{-T_\gamma / T_\beta}}$.

Величину α_1 в этом случае можно рассматривать как среднее значение временной задержки или как штраф за организацию обслуживания методом кругового опроса.

При экспоненциальном распределении длительности временного окна $r_\gamma = 1$ или при $T_\gamma = 0$ при регулярном распределении временного

2. Результаты расчетов

$N_{оч}$	Экспоненциальное распределение						Регулярное распределение					
	$T_{ук}$	$\sigma[T_{ук}]$	T_h	$\sigma[T_h]$	T_v	$\sigma[T_v]$	$T_{ук}$	$\sigma[T_{ук}]$	T_h	$\sigma[T_h]$	T_v	$\sigma[T_v]$
$T_\beta = 1,\ T_\gamma = 0{,}1$												
10	1	0,447	11	11,532	12	11,541	1	0,316	10,508	10,995	11,508	11
100	10	1,414	101	105,929	111	105,938	10	0,999	96,053	100,957	106,083	100,962
1000	100	4,466	1001	1049,857	1101	1049,866	100	3,154	951,833	1000,583	1051,833	1000,588
$T_\beta = 1,\ T_\gamma = 0{,}01$												
10	0,1	0,045	11	11,0544	11,1	11,054	0,1	0,031	10,95	11	11,05	11
100	1	0,141	101	101,504	102	101,503	1	0,099	100,501	100,999	101,5	101
1000	10	0,446	1001	1005,993	1011	1005,992	10	0,315	996,008	1000,996	1006,008	1000,996
$T_\beta = 1,\ T_\gamma = 0{,}001$												
10	0,01	0,004	11	11,005	11,01	11,005	0,01	0,003	10,995	11	11,005	11
100	0,1	0,014	101	101,050	101,1	101,050	0,1	0,009	100,95	101	101,05	101
1000	1	0,045	1001	1001,500	1002	1001,500	1	0,032	1000,5	1000,999	1001,5	1001
$T_\beta = 5,\ T_\gamma = 0{,}5$												
10	5	2,236	55	57,662	60	57,706	5	1,581	52,541	54,977	57,541	55
100	50	7,070	505	529,645	555	529,693	50	4,999	480,416	504,789	530,417	504,814
1000	500	22,332	5005	5249,286	5505	5249,334	500	15,771	4759,166	5002,915	5259,166	5002,94
$T_\beta = 5,\ T_\gamma = 0{,}05$												
10	0,5	0,224	55	55,2721	55,5	55,272	0,5	0,158	54,7504	54,9998	55,25	55
100	5	0,707	505	507,519	510	507,519	5	0,499	502,5042	504,9979	507,504	504,998
1000	50	2,233	5005	5029,963	5055	5029,963	50	1,577	4980,042	5004,979	5030,041	5004,979
$T_\beta = 5,\ T_\gamma = 0{,}005$												
10	0,05	0,022	55	55,027	55,05	55,027	0,05	0,015	54,975	55	55,025	55
100	0,5	0,070	505	505,252	505,5	505,252	0,5	0,049	504,75	504,999	505,25	504,999
1000	5	0,223	5005	5007,501	5010	5007,501	5	0,158	5002,5	5004,999	5007,5	5004,999
$T_\beta = 10,\ T_\gamma = 1$												
10	10	4,472	110	115,326	120	115,412	10	3,162	105,083	109,954	115,083	110
100	100	14,140	1010	1059,292	1110	1059,386	100	9,997	960,833	1009,579	1060,833	1009,628
1000	1000	44,665	10010	10498,773	11010	10498,669	1000	31,544	9518,331	10005,83	10518,33	10005,88
$T_\beta = 10,\ T_\gamma = 0{,}1$												
10	1	0,447	110	110,544	111	110,545	1	0,316	109,5	109,999	110,5	110
100	10	1,414	1010	1015,036	1020	1015,038	10	0,999	1005,008	1009,995	1015,008	1009,99
1000	100	4,466	10010	10059,925	10110	10059,926	100	3,154	9960,083	10009,96	10060,08	10009,96
$T_\beta = 10,\ T_\gamma = 0{,}01$												
10	0,1	0,044	110	110,054	110,1	110,054	0,1	0,032	109,95	110	110,05	110
100	1	0,141	1010	1010,504	1011	1010,504	1	0,099	1009,5	1009,999	1010,5	1009,99
1000	10	0,446	10010	10015,003	10020	10015,004	10	0,315	10005	10010	10015	10010

окна $r_\gamma \to \infty$, средние значения временной задержки одинаковы и составляют $T_h - T_\beta = T_\beta N_{оч}$.

Для системы обслуживания методом кругового опроса при пуассоновском характере входящего потока при $T_\gamma \to 0$ Клейнроком [5] были получены соотношения для средних времен обслуживания и задержки в обслуживании:

$$T_h = \frac{T_\beta}{1-\rho};\quad T_h - T_\beta = \frac{\rho}{1-\rho} T_\beta,$$

где $\rho = \lambda T_\beta$.

При больших N, малых значениях вероятности события P и произведении NP, стремящемся к некоторой положительной величине, вместо биноминального распределения для расчета вероятности поступления заявки можно использовать распределение Пуассона [6].

При этом приближении среднее количество заявок $N_{оч}$, которым предоставляется временное окно, может быть выражено через коэффициент использования ρ, коэффициент ρ — через среднее количество заявок $N_{оч}$ следующим образом:

$$N_{оч} = \frac{\rho}{1-\rho}; \ \rho = \frac{N_{оч}}{N_{оч}+1},$$

а интенсивность поступления заявок в систему кругового обзора определяется как:

$$\lambda = \frac{N_{оч}}{N_{оч}+1}\frac{1}{T_\beta}.$$

Следует отметить, что приведенные соотношения для среднего времени переноса заявки, прошедшей ФЛК, в базу данных при $T_\gamma \to 0$ в системе кругового опроса справедливы и для системы с разделением процессора (PS — Processor Sharing). В системе с разделением процессора отсутствует фаза ожидания, а заявка, прошедшая ФЛК и поступившая в систему, начинает обслуживаться сразу ($T_{ук} = 0$). В этом случае $N_{оч}T_\beta$ можно рассматривать как штраф за разделение процессора. Этот штраф пропорционален средней длительности обслуживания и количеству обслуживаемых заявок без одной.

Проведенные расчеты и исследования позволяют сделать следующие выводы о системах обслуживания с круговым опросом и с разделением процессора.

1. Среднее время переноса заявки, прошедшей ФЛК, в базу данных зависит от времени обслуживания в соответствии со строго линейным законом. Если одна заявка в два раза длиннее другой, то она будет находиться в очереди в среднем в два раза дольше.

2. При показательном времени обслуживания $B(t)$ средняя продолжительность переноса заявки в базу данных составляет практически столько же времени, как и в системе с пакетной обработкой, но заявки меньшего объема в системах кругового опроса и с разделением процессора находятся в лучших условиях, чем в системах пакетной обработки, так как заявка сверхбольшого объема в этих системах не задерживает обработку остальных заявок.

3. Функция штрафа $N_{оч}T_\beta$ или $\frac{\rho}{1-\rho}T_\beta$ определяется, прежде всего, размером очереди в системах кругового опроса или количеством обслуживаемых заявок в системах с разделением процессора.

4. В системе с разделением процессора заявка переносится в базу данных полностью от начала до конца, а в системе кругового опроса частями, что является недостатком системы кругового опроса, так как требует реализации их стыковки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стратегия** развития информационного общества в Российской Федерации от 7 февраля 2008 года № Пр-212. Российская газета. 16 февраля 2008 года. № 4591.
2. **Иверсен В.Б.** Разработка телетрафика и планирование сетей. М.: Национальный открытый университет: «ИНТУИТ», 2011. 526 с.
3. **Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.** Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Высшая школа, 2000. 400 с.
4. **Климов Г.П.** Стохастические системы обслуживания. М.: Наука, 1966. 243 с.
5. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979. 600 с.
6. **Шнепс М.А.** Системы распределения информации. Методы расчета. М.: Связь, 1979. 344 с.