

УДК 658.012.1

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТОВ В ВИДЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В. С. Жабреев,

доктор техн. наук, профессор

В. В. Прокопенко,

аспирант

Южно-Уральский государственный университет

Рассматривается качественная характеристика обслуживания потребителей услуг связи. Предложена методика расчета рассматриваемой характеристики на основе представления потока процессов обслуживания абонентов в виде системы массового обслуживания на примере предприятия связи в Челябинской области.

We submit for consideration quality characteristics of subscriber service in the sphere of communications. The methodic of the considered characteristic calculation is offered. It is based on notion of flow of subscribers service processes, as a system of mass service. The communication enterprise in Chelyabinsk region was taken as an example of mass service system.

Введение

Важнейшим принципом менеджмента качества, лежащим в основе успешного руководства организацией, является ориентация на потребителей, которая заключается в том, что организация должна понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания [1].

В системе управления предприятия связи требования абонентов выполняет диспетчерская служба, задачей которой является организация процесса подключения потенциального абонента к услугам связи (консультация, принятие заявки, планирование наряда на работы и т. д.). Указанный процесс состоит из нескольких этапов. Мониторинг обслуживания клиентов необходим на каждом этапе при возникновении противоречий абонента и оператора с учетом проявления человеческого фактора [2]. Количественная оценка выходных значений на каждом этапе позволяет создать критерий оценки качества обслуживания абонентов, определить оптимальное количество обслуживаемых приборов, и в случае необходимости изменить структуру бизнес-процессов в организации. В настоящее время оценка качества обслуживания абонентов осуществляется путем прослушивания небольшой случайной партии телефонных переговоров. В статье предложена методика решения рассматриваемой задачи путем

представления элементов обслуживания абонентов в виде системы массового обслуживания (СМО).

Для простейшего потока число событий k , происшедших на интервале длиной T , подчиняется пуассоновскому распределению [3]

$$P_k(T) = (\lambda T)^k e^{-\lambda T} / k!, \quad (1)$$

где λ – интенсивность потока, определяемая как

$\lambda = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} k P_k(\Delta t)}{\Delta t}$. Длительность интервала между требованиями в потоке имеет плотность распределения

$$f(\tau) = \lambda e^{-\lambda \tau}, \quad \tau \geq 0. \quad (2)$$

Выполнение требований абонентов является комплексным процессом, в который вовлечено несколько структурных подразделений в зависимости от конкретной проблемы. Интенсивность потока и интенсивность обслуживания экспериментально определяются через среднюю длину интервала между требованиями $\bar{\tau}_0$ и среднюю длительность обслуживания $\bar{\tau}$:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{\tau}}, \quad \lambda_0 = \frac{1}{\bar{\tau}_0}.$$

Модель массового обслуживания абонентов предприятия связи классифицируется как разомкнутая, многоканальная система с бесконечным числом требований и ограниченным ожиданием со стороны абонентов.

Структурную модель предприятия связи, отображающую взаимосвязи между отдельными операциями и звеньями управления элементов массового обслуживания, удобно представлять в виде сети. Так как процессы, протекающие на предприятии связи, носят случайный характер, в работе рассматривается стохастическая сеть [3]. Звенья системы формализуются в виде подсистем массового обслуживания, а взаимосвязь между ними в общем процессе функционирования отображается в виде направленного графа. Для задания сети массового обслуживания предприятия связи необходимо определить:

- 1) источник требований, поступающих в сеть, имеющий некоторую интенсивность λ_0 ;
- 2) список обслуживающих подсистем $S_i (i=1, 2, \dots, M)$, входящих в сеть;
- 3) вектор состава подсистем $m=(m_1, m_2, m_3, \dots, m_i)$, где m_i – число приборов, входящих в i -ю подсистему;
- 4) вектор интенсивностей обслуживания $\mu=(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_i)$, где μ_i – интенсивность обслуживания требований одним прибором, входящим в состав i -й подсистемы;
- 5) матрицу передач $R=\|r_{ij}\| (i=1, 2, \dots, M+1; j=1, 2, \dots, M+1)$, отражающую структуру передач информационных потоков.

Для установившегося режима в разомкнутой сети интенсивность среднего суммарного потока на входе любой подсистемы равна средней суммарной интенсивности выходного потока из данной подсистемы, т. е. справедлива следующая система уравнений [3]:

$$\lambda_j = \sum_{i=0}^M r_{ij} \lambda_i, \quad j=0, 1, 2, \dots, M, \quad (3)$$

где λ_i – суммарная интенсивность на выходе i -й подсистемы; λ_j – суммарная интенсивность на выходе j -й подсистемы; r_{ij} – вероятность поступления требований из i -й подсистемы по окончании обслуживания в j -ю подсистему.

В системе оценки качества обслуживания абонентов следует рассматривать процесс подключения потенциальных абонентов к услугам связи. В соответствии с вышеприведенной методикой, на первом этапе необходимо определить источники требований в рассматриваемых СМО. Интенсивность потока требований в данном случае вычисляется через среднюю длину интервала между требованиями $\bar{\tau}_0$, которая определяется как средняя длина между сформированными заявками. Интенсивность обслуживания вычисляется через среднюю длину интервала между выполненными заявками $\bar{\tau}$. На втором этапе составляется список обслуживающих подсистем:

- S_0 – формирование заявки потребителем;
- S_1 – прием предварительной заявки по телефону;

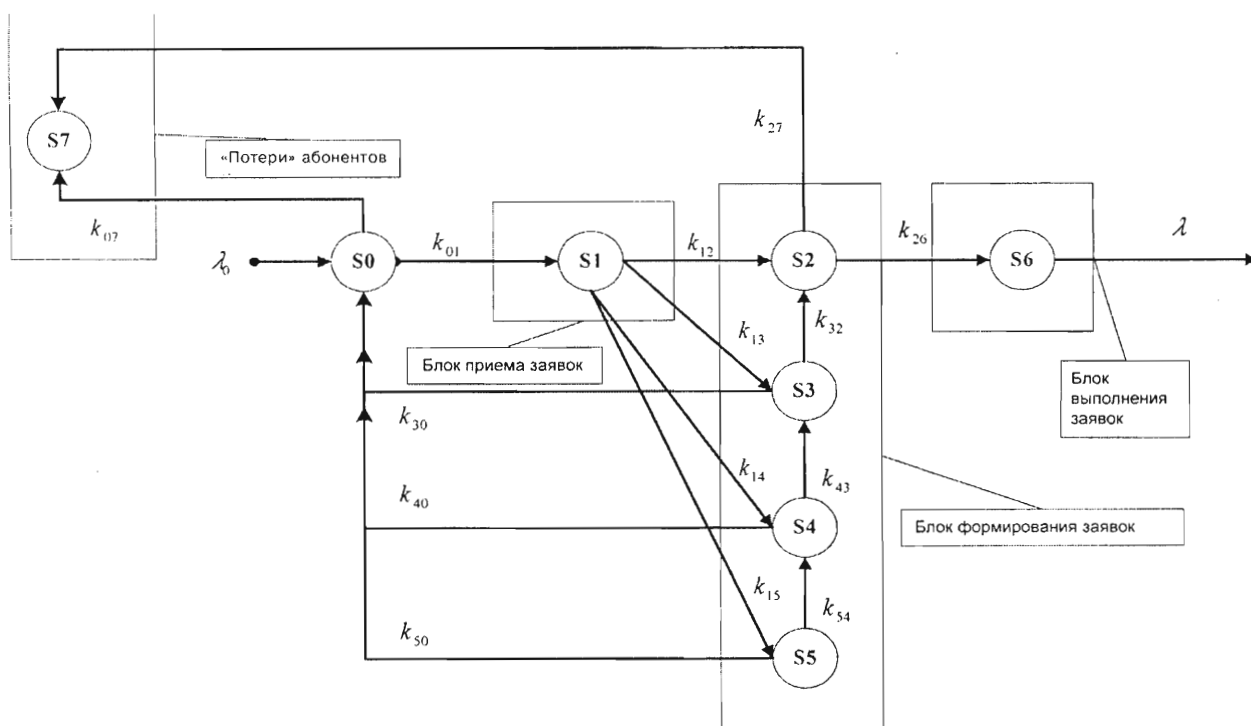


Рис. 1. Система массового обслуживания заявок абонентов

S_2 – формирование заявки на подключение абонента при условии наличия технической возможности и согласия со стороны абонента;

S_3 – формирование заявки при условии наличия технической возможности и неясности намерений со стороны абонента;

S_4 – формирование заявки при отсутствии технической возможности, если строительство сети запланировано;

S_5 – формирование заявки при отсутствии технической возможности, если строительство сети не планируется;

S_6 – непосредственное подключение пользователя отделом эксплуатации предприятия связи (удовлетворение заявки);

S_7 – потеря «абонента».

Представленная на рис. 1 СМО заявок абонентов в виде сети, разработанная по методике [4], позволяет выполнить следующие этапы: определить векторы состава подсистем и интенсивностей, а также составить матрицу передач.

Матрица передач R для данной сети выглядит следующим образом:

$$R = \begin{pmatrix} 0 & k_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{07} \\ 0 & 0 & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{26} & k_{27} \\ k_{30} & 0 & k_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{40} & 0 & 0 & k_{43} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{50} & 0 & 0 & 0 & k_{54} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где k_j – коэффициенты передачи между подсистемами, вычисляемые статистическими методами,

$k_j = \frac{\lambda_j}{\lambda_0}$, λ_0 – интенсивность заявок, поступающих от абонентов (входящие телефонные соединения), λ_j – интенсивность заявок, поступающих в j -ю подсистему. Расчет интенсивностей обслуживания для представленной на рис. 1 системы произведен для стационарного режима путем замыкания через источник требований:

$$K_0 = K_6 + K_7 + k_{30} + k_{40} + k_{50}. \quad (4)$$

С учетом изложенного и статистических данных предприятия связи в Челябинской области произведен расчет показателя качества обслуживания абонентов, которым является коэффициент потери заявок на этапе их предварительного приема k_{07} . Экспериментально определены значения K заявок,

■ Таблица 1. Входные данные потока требований

| Месяц | 1-й | 2-й | 3-й |
|-----------------------------------|------|------|------|
| λ_0 , месяц ⁻¹ | 1079 | 661 | 649 |
| Δt_0 , мин | 40 | 68 | 67 |
| K_0 | 1925 | 1288 | 1346 |

■ Таблица 2. Выходные данные потока требований

| Месяц | 1-й | 2-й | 3-й |
|---------------------------------|-----|-----|-----|
| λ , месяц ⁻¹ | 311 | 271 | 230 |
| Δt , мин | 139 | 165 | 188 |

проходящих через каждый узел системы в месяц, и среднее время Δt пребывания требования в сети.

В табл. 1 представлены значения интенсивностей потока требований λ_0 для трех временных интервалов, которые вычисляются как величины, обратные средней длительности между входящими телефонными соединениями Δt_0 , и значения количества входящих телефонных соединений K_0 .

В табл. 2 представлены значения выходного потока требований λ (поток подключения абонентов), которые вычисляются как величины, обратные средней длительности между выполнениями заявок Δt .

Система уравнений с учетом матрицы передач R выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \lambda_0 = k_{30}\lambda_3 + k_{40}\lambda_4 + k_{50}\lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 \\ \lambda_1 = k_{01}\lambda_0 \\ \lambda_2 = k_{12}\lambda_1 + k_{32}\lambda_3 \\ \lambda_3 = k_{13}\lambda_1 + k_{43}\lambda_4 \\ \lambda_4 = k_{14}\lambda_1 + k_{54}\lambda_5 \\ \lambda_5 = k_{15}\lambda_1 \\ \lambda_6 = k_{26}\lambda_2 \\ \lambda_7 = k_{07}\lambda_0 + k_{27}\lambda_2. \end{cases} \quad (5)$$

Коэффициенты передач k_{ij} являются вероятностями поступления требований от i -го к j -му узлу и, с учетом уравнений (3), вычисляются как отношение значений поступивших заявок:

$$k_{ij} = \frac{K_j}{K_i}. \quad (6)$$

На основе экспериментальных значений K , с учетом формулы (6), вычислены значения коэффициентов передач от i -го к j -му узлу (табл. 3).

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что коэффициент потери абонентов k_{07} значительно снизился во втором и третьем месяцах, что говорит о повышении качества обслуживания абонентов на этапе формирования заявки за указанный период времени.

Из системы уравнений (5) получена зависимость $\Delta t(\lambda_0)$ средней длительности обслуживания от интенсивности потока и представлена в следующем виде:

$$\Delta t = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0 k_{26} k_{01} (k_{12} + k_{32} k_{13} + k_{32} k_{43} (k_{14} + k_{54} k_{15}))}. \quad (7)$$

Для исследования данной зависимости использован метод «замороженной» передаточной функции [5]. На рис. 2 графически представлена зависи-

■ Таблица 3. Коэффициенты передач

| Месяц | 1-й | 2-й | 3-й |
|----------|------|------|------|
| k_{07} | 0,60 | 0,36 | 0,36 |
| k_{01} | 0,40 | 0,64 | 0,64 |
| k_{12} | 0,50 | 0,50 | 0,45 |
| k_{13} | 0,36 | 0,33 | 0,32 |
| k_{14} | 0,06 | 0,09 | 0,06 |
| k_{15} | 0,08 | 0,08 | 0,17 |
| k_{27} | 0,03 | 0,02 | 0,05 |
| k_{26} | 0,97 | 0,98 | 0,95 |
| k_{32} | 0,67 | 0,53 | 0,40 |
| k_{30} | 0,33 | 0,47 | 0,60 |
| k_{43} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| k_{40} | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| k_{54} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| k_{50} | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

мость $\Delta t(\lambda_0)$, которая позволяет определить предельно допустимую интенсивность потока λ_0^{lim} для имеющихся обслуживающих приборов со средним временем обслуживания Δt_1 . С учетом равенства (6), λ_0^{lim} вычисляется по формуле

$$\lambda_0^{lim} = \lim_{\Delta t \rightarrow \Delta t_1} k_{раб} \times \frac{1}{\Delta t k_{26} k_{01} (k_{12} + k_{32} k_{13} + k_{32} k_{43} (k_{14} + k_{54} k_{15}))} \quad (8)$$

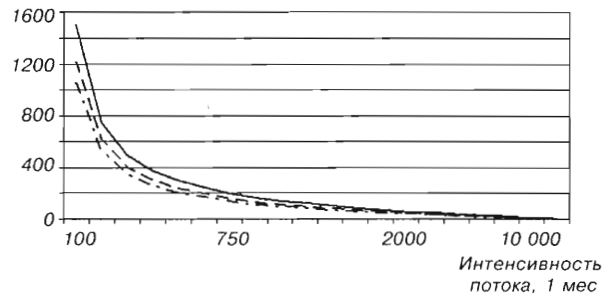
где $k_{раб}$ – коэффициент рабочего времени диспетчерской службы предприятия связи.

Значения Δt_1 определены экспериментально. Значения λ_0^{lim} , вычисленные по формуле (8), представлены в табл. 4.

■ Таблица 4. Параметры обслуживания абонентов на этапе формирования заявки

| Месяц | 1-й | 2-й | 3-й |
|---|--------|--------|--------|
| Δt_1 , мин | 2,8 | 2,9 | 2,9 |
| λ_0^{lim} , месяц ⁻¹ | 15 030 | 10 261 | 12 003 |

Длительность обслуживания, мин



■ Рис. 2. Зависимость $\Delta t(\lambda_0)$: — 1-й месяц; - - - 2-й месяц; - · - · - 3-й месяц

Заключение

Представленная модель оценки качества обслуживания абонентов в виде СМО позволяет оценить количественную характеристику качества обслуживания, значения «потерь» абонентов на каждом этапе обработки заявки и предельно допустимые значения интенсивности входного потока. Это позволяет оценить «загрузку» обслуживаемых приборов и оптимально перераспределить внутренние ресурсы, а также лучше удовлетворить текущие и будущие потребности и ожидания абонентов, что является безусловным показателем роста и благополучия предприятия связи.

Литература

1. **ГОСТ ИСО 9004–2001.** Государственный Стандарт РФ. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 1–6.
2. **Горский Ю. М.** Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – С. 89–97.
3. **Денисов А. А. Колесников Д. Н.** Теория больших систем управления. – Л: Энергоиздат, 1982. – С. 101–127.
4. **Мартин Ф. Ф.** Моделирование на вычислительных машинах: Пер. с англ. / Под ред. И. Н. Коваленко – М.: Советское радио, 1972. – С. 190–210.
5. **Солодовников В. В.** Теория автоматического регулирования. Теория нестационарных, нелинейных и самонастраивающихся систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 56–65.