

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

---

УДК 33, 519.872.2

**ГОРЮНОВА АННА МИХАЙЛОВНА**

ассистент кафедры «Прикладная информатика в экономике и управлении»  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

**ОМЕЛЬЧЕНКО ТАТЬЯНА ВАЛЕНТИНОВНА**

к.э.н., преподаватель кафедры «Прикладная информатика в экономике и управлении»  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

**ОМЕЛЬЧЕНКО ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ**

к.с.-х.н., преподаватель кафедры «Прикладная информатика в экономике и управлении»  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

## АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МАРКОВСКИХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Аннотация.** *Цель работы:* целью работы является моделирование бизнес-процессов обслуживания клиентов и оптимизация кадрового обслуживающего персонала. **Метод и методология проведенной работы.** В статье авторами рассматривается эффективность применения инструмента марковских систем массового обслуживания (СМО). Посредством СМО проводится моделирование бизнес-процессов по обслуживанию клиентов. **Результаты.** На основе полученных результатов в рамках проведенного полного анализа авторы вырабатывают рекомендации в форме управленческих решений по оптимизации кадрового состава рассматриваемого структурного подразделения. **Область применения результатов.** Описанная методология может быть успешно применена в сферах торговли и обслуживания клиентов, а также в тех отраслях экономики, где имеют место очереди с ожиданием, а также с отказами и без. **Выводы.** Таким образом, результаты проведенного анализа и моделирования позволят формировать оптимальные управленческие решения.

**Ключевые слова:** система массового обслуживания, моделирование и оптимизация бизнес-процессов, управление персоналом.

---

**GORYUNOVA ANNA MIKHAILOVNA**

Assistant of the Department of "Applied Computer Science in Economics and Management"  
of FSBEI of HE "Orenburg State University",  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

**OMELCHENKO TATYANA VALENTINOVNA**

Candidate of Economic Sciences, Lecturer of the Department of "Applied Computer  
Science in Economics and Management" of FSBEI of HE "Orenburg State University",  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

**OMELCHENKO PYOTR NIKOLAEVICH**

Candidate of Agricultural Sciences, Lecturer of the Department of "Applied Computer  
Science in Economics and Management" of FSBEI of HE "Orenburg State University",  
e-mail: gorjynv@yandex.ru

## ANALYSIS AND MODELLING OF BUSINESS PROCESSES USING MARKOVIAN QUEUES

**Abstract. The goal of the study:** the goal of the study is modelling business processes of servicing clients and optimization of human service personnel. **The method and methodology of the study completed:** In this manuscript the authors discussed the effectiveness of using the instrument of Markovian queues (MQ). Through queue system modelling of business processes of servicing clients is performed. **The results:** Based on the results obtained, within the context of a full analysis, the authors are developing recommendations in the form of managerial decisions on optimization of the personnel of the structural subdivision being studied. **The area of application of the results:** The methodology described may be successfully applied in the field of trading and client servicing, as well as in such fields of economy where there are waiting lines, including with or without refusals. **The conclusions:** Therefore, the results of the analysis and modelling completed will allow to form optimal managerial decisions.

**Keywords:** a queue system, modelling and optimization of business processes, personnel management.

### Введение

Важным условием развития деятельности предприятия является оптимизация его бизнес-процессов, целью которой является повышение эффективности работы и увеличение устойчивости к внешним факторам. Эффективность оптимизации бизнес-процессов обуславливается оперативностью в мониторинге внутренних и внешних процессов, внесении соответствующих корректив. Все это требует разработки новых технологий и приемов ведения бизнеса, повышения качества обслуживания населения и, конечно, качества выполняемых услуг, а также внедрения новых более эффективных методов организации и управления персоналом.

При этом качество обслуживания населения является немаловажным фактором для государственных предприятий. Это обусловлено большим количеством внебюджетных организаций, способных удовлетворить нужды населения. Этим объясняется актуальность рассматриваемой проблематики в рамках данного исследования.

### Моделирование процесса обслуживания граждан муниципальных образований с помощью марковских СМО

В роли каналов обслуживания при моделировании системы обслуживания клиентов выступают лица, на прием к которым они могут попасть. Требованием или заявкой считается гражданин, который пришел на прием. Гражданин является носителем запроса. Поэтому под требованием понимается и сам запрос на обслуживание.

Рассмотрим ситуацию, что работают 2 представителя по работе с населением, то есть имеется два канала обслуживания. Если оба представителя заняты или сегодня неприемный день, то посетитель вынужден «ожидать». Поток обслуживания каждым каналом также является простейшим с интенсивностью  $m$ . Длина очереди ограничена количеством мест в приемной (32 посадочных места). Ограничений по времени ожидания нет.

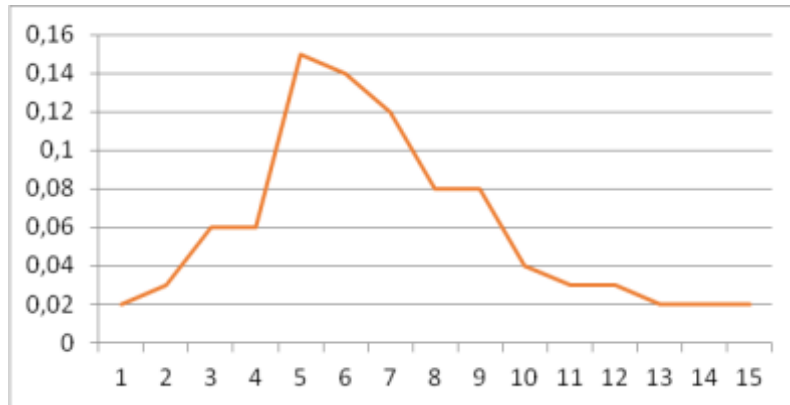
Имея исходные данные, построим полигон относительных частот случайной величины «Количество заявок, поступивших за месяц» (рис.1).

По построенному полигону относительных частот можно сделать предположение о том, что случайная величина «Количество заявок, поступивших за месяц» распределена по закону Пуассона. Сформулируем гипотезы для проверки выдвинутого предположения:

$H_0$ : случайная величина «Количество заявок, поступивших за месяц» распределена по закону Пуассона;

$H_1$ : случайная величина «Количество заявок, поступивших за месяц» распределена по закону, отличному от закона Пуассона.

По теореме Пирсона–Фишера, если нулевая гипотеза истинна, то при некоторых достаточных общих условиях распределение критической статистики сходится по вероятности к  $\chi^2$  – распределению с числом степеней свободы  $v = l - k - 1$ .



*Рис. 1. Полигон относительных частот случайной величины  
 «Количество заказов, поступивших за месяц»*

Дискретная случайная величина  $p_i(\hat{\theta})$  – это результат модельного расчета вероятности того, что случайная величина  $\xi$ , распределенная по закону Пуассона, примет возможное значение:

$$p_i(\hat{\theta}) = P(\xi = x_{(i)}) \quad (1)$$

В данном случае:

$$P(x, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, \quad \theta = \lambda. \quad (2)$$

$$\hat{\lambda} = \bar{x} = \frac{\sum x_{(i)} \cdot m_i}{\sum m_i} = 6,92 \quad \text{заявок за месяц.} \quad (3)$$

$$\chi_{кр.л}^2 = \omega_{1-\frac{0,01}{2}}(15 - 1 - 1) = 5,2 \quad (4)$$

где  $\omega_q$  – квантиль  $\chi^2$ -распределения Пирсона.

$$\chi_{кр.пр}^2 = \omega_{\frac{0,01}{2}}(15 - 1 - 1) = 13,52 \quad (5)$$

По результатам расчета наблюдаемого значения  $\chi^2$  получаем  $\chi_{набл}^2 = 23,013$ .

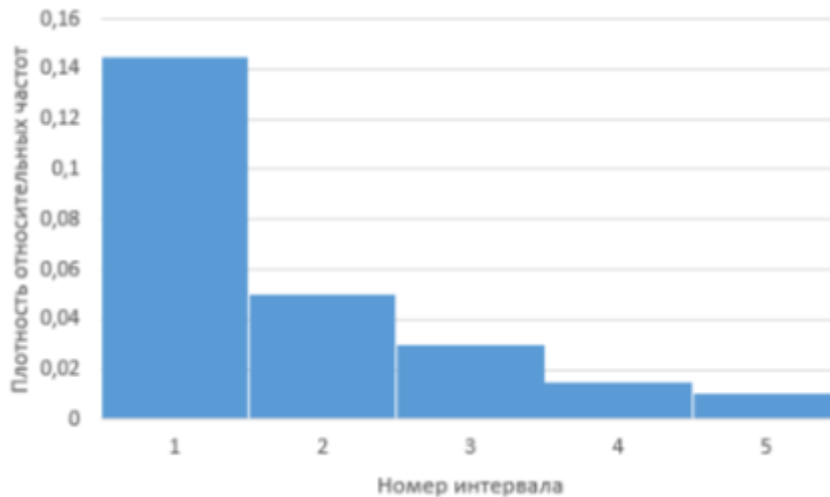
Случайная величина «Интервал времени обслуживания» распределена по экспоненциальному закону.

В непрерывном случае:

$\hat{p}_i(\hat{\theta})$  – результат теоретического расчета вероятности того, что случайная величина  $\xi$ , распределенная по экспоненциальному закону, попадет в  $i$ -й интервал группирования.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_{(i)} \cdot m_i}{\sum m_i} = 6,71 \quad \text{минут.} \quad (6)$$

Приведем гистограмму распределения времени поступления заявок в систему (рис. 2).



**Рис. 2.** Гистограмма плотности распределения времени обслуживания

По построенной гистограмме можно сделать предположение о том, что случайная величина «Интервал времени обслуживания» распределена по экспоненциальному закону. Сформулируем гипотезы для проверки выдвинутого предположения:

$H_0$  – случайная величина «Интервал времени поступления заявок в систему» распределена по закону Гамма-распределения;

$H_1$  – распределение случайной величины «Интервал времени поступления заявок в систему» отлично от закона Гамма-распределения.

$$\mu = \frac{1}{\lambda} = 0,195 \quad ; \quad (7)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_{(i)} \cdot m_i}{\sum m_i} = 5,12 \quad \text{минут.} \quad (8)$$

$$\chi^2_{\text{набл}} = 0,582$$

$$\chi^2_{\text{кр.л}} = \omega_{1-\frac{0,05}{2}}(5 - 1 - 1) = 0,81 \quad ; \quad (9)$$

$$\chi^2_{\text{кр.пр}} = \omega_{\frac{0,05}{2}}(5 - 1 - 1) = 2,19 \quad (10)$$

Стоит отметить, что закон Гамма-распределения с 1 фазой равен экспоненциальному закону распределения.

Поскольку:

$$\chi^2_{\text{кр.л}}(1 - k - 1) = 5,2 < \chi^2_{\text{набл}} = 13,013 < \chi^2_{\text{кр.пр}}(1 - k - 1) = 13,52, \quad (11)$$

то  $H_0$  не отвергается, т. е. дискретная случайная величина «Количество заявок, поступивших за час, распределена по закону Пуассона с параметром  $\hat{\lambda} = 6,92$  заказов за час.

Поскольку:

$$\chi^2_{\text{кр.л}}(1 - k - 1) = 0,81 < \chi^2_{\text{набл}} = 0,96 < \chi^2_{\text{кр.пр}}(1 - k - 1) = 2,13, \quad (12)$$

то  $H_0$  не отвергается, т. е. непрерывная случайная величина «Интервал времени обслуживания» распределена по экспоненциальному закону с параметром  $\hat{\mu} = 0,12$  заявки в минуту.

Таким образом, случайная величина «Количество заявок, поступивших за час» распределена по закону Пуассона с параметром  $\hat{\lambda} = 6,92$  заявок в час. Случайная величина «Интервал времени обслуживания» распределена по экспоненциальному закону.

Занумеруем состояния СМО по числу заявок, находящихся в системе:

$S_k$  ( $k=0, 1, 2$ ) –  $k$  заявок под обслуживанием ( $k$  каналов заняты, очереди нет);

$S_{m+r}$  ( $m=2; r=1, 2, \dots, 30$ ) –  $m$  заявок под обслуживанием (все  $m$  каналов заняты) и  $r$  заявок в очереди.

Таким образом, СМО может пребывать в одном из 33 состояний.

В очереди возможно 30 заявок, они ожидают, пока представитель по работе с населением освободится.

Матрица интенсивностей имеет вид:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -6.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & -16.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & -26.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & -26.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & -26.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & -26.92 & 6.92 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & -26.92 & 6.92 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & -26.92 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 6.92 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & -20 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Подсчитаем среднее число заявок в очереди  $\overline{N}_{оч}(t)$ . Для этого рассмотрим дискретную случайную величину  $N_{оч}(t)$ , представляющую собой число заявок в очереди. Случайная величина  $N_{оч}(t)$  может принять любое целое неотрицательное значение, а ее закон распределения имеет вид, представленный ниже (табл. 1).

Таблица 1

**Закон распределения случайной величины  $N_{оч}(t)$**

$N_{оч}(t)$	0	1	2	...	R	32
$P(t)$	$p(t)$	$p_{m+1}(t)$	$p_{m+2}(t)$	...	$p_{m+r}(t)$	$p_{32}(t)$

где  $p(t) = p_0(t) + p_1(t) + p_2(t); p_{m+r}(t) = p_{m+r}(t); m$  – количество каналов (2 представителя);  $r$  – количество заявок в очереди.

Следовательно:

$$\overline{N}_{оч}(t) = M[N_{оч}(t)] = \sum_{k=1}^{\infty} k p_{m+k}(t) = \sum_{k=m+1}^{\infty} (k - m) p_k(t) \quad (14)$$

Среднее число заявок (рис. 3), обслуженных за единицу времени (за час), т. е. абсолютная пропускная способность СМО:

$$A(t) = \lambda - \overline{N}_{оч}(t) \quad (15)$$

Тогда по определению относительной пропускной способности:

$$Q(t) = A(t) / \lambda \quad (16)$$



Рис. 3. Среднее число заявок в очереди

Чтобы подсчитать среднее число  $\bar{K}(t)$  занятых каналов по формуле (17), нужно предварительно вычислить  $\bar{N}_{оч}(t)$  по формуле (14).

$$\bar{K}(t) = \bar{N}_{об}(t) = A(t) / \mu = (\lambda - \bar{N}_{оч}(t)) \quad (17)$$

Однако  $\bar{K}(t)$  можно подсчитать как математическое ожидание дискретной случайной величины  $K(t)$ , представляющей собой число занятых каналов, закон распределения которой имеет вид, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Закон распределения случайной величины  $K(t)$

$K(t)$	0	1	2
$P(t)$	$p_0(t)$	$p_1(t)$	$p(t)$

где  $p(t) = p_2(t) + p_{m+1}(t) + \dots + p_{m+r}(t) + \dots + p_{32}(t)$ ;  $m$  – количество каналов (2 представителя).

Тогда:

$$\bar{K}(t) = M[K(t)] = \sum_{k=1}^{m-1} k p_k(t) + m(1 - \sum_{k=0}^{m-1} p_k(t)) \quad (18)$$

График среднего числа занятых каналов приведен на рис. 4.

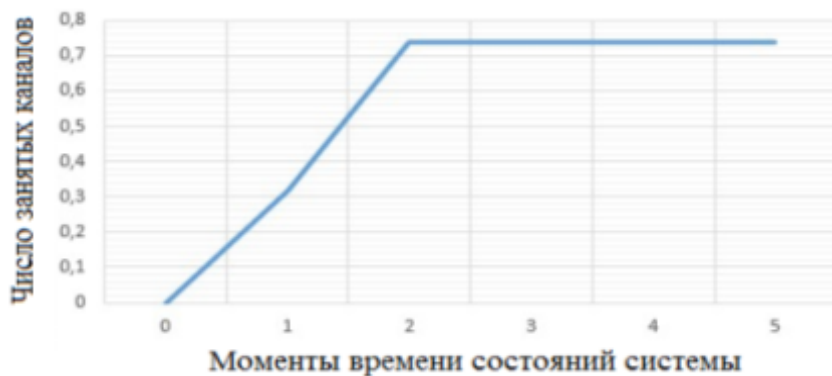


Рис. 4. Среднее число занятых каналов

Используя формулы (14) и (18), легко получить формулу для среднего числа заявок  $\bar{N}_{\text{сис}}(t)$ , находящихся в системе. График относительно времени представлен на рис. 5.

$$\bar{N}_{\text{сис}}(t) = \bar{N}_{\text{оч}}(t) + \bar{N}_{\text{об}}(t) \quad (19)$$

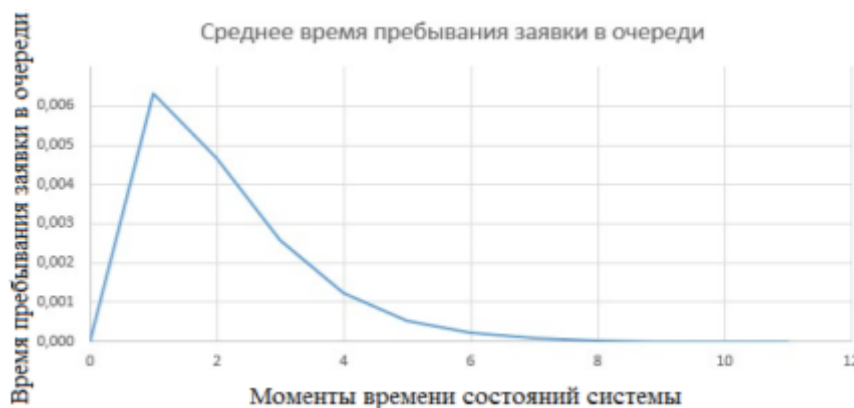


*Рис. 5. Среднее число заявок в системе относительно времени*

Среднее время пребывания заявки в очереди:

$$\bar{T}_{\text{оч}}(t) = \frac{1}{\lambda} \bar{N}_{\text{оч}}(t) \quad (20)$$

График среднего времени пребывания заявок в очереди приведен на рис. 6.



*Рис. 6. Среднее время пребывания заявки в очереди*

Среднее время пребывания заявки в системе можно вычислить:

$$\bar{T}_{\text{сис}}(t) = \frac{1}{\lambda} \bar{N}_{\text{сис}}(t) \quad (21)$$

График среднего времени пребывания заявок в системе приведен на рис. 7.

Среднее время обслуживания одной заявки, относящееся ко всем заявкам, можно подсчитать по формуле:

$$\bar{T}_{\text{об}}^{\forall}(t) = \frac{1}{\lambda} \bar{N}_{\text{об}}(t) \quad (22)$$

График среднего времени обслуживания одной заявки приведен на рис. 8.



Рис. 7. Среднее время пребывания заявки в системе

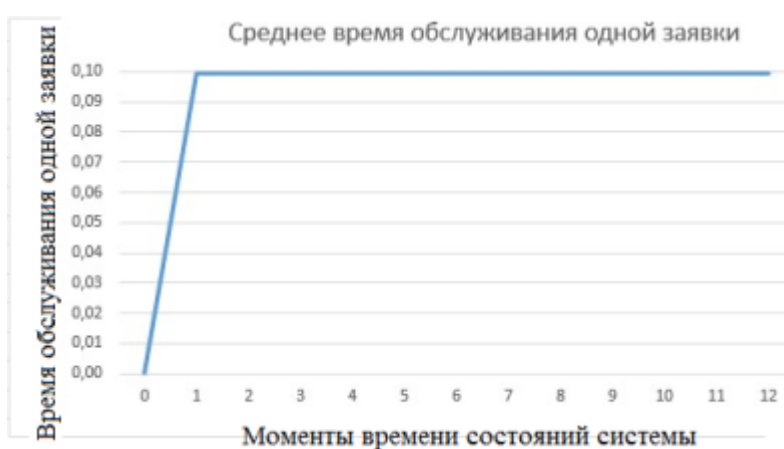


Рис. 8. Среднее время обслуживания одной заявки

**Результаты.** В табл. 3 приведены полученные характеристики функционирования многоканальной СМО в стационарном режиме.

Таблица 3

**Характеристики функционирования многоканальной СМО в стационарном режиме**

Характеристика	Значение
Среднее число заявок в очереди $\bar{N}_{оч}(t)$	0,033
Абсолютная пропускная способность $A(t)$	6,92 заявок/час
Относительная пропускная способность $Q(t)$	0,99
Среднее число $\bar{N}_{об}(t)$ заявок, находящихся под обслуживанием	0,7
Среднее число $\bar{K}(t)$ занятых каналов	0,7
Среднее число заявок $\bar{N}_{сист}(t)$ , находящихся в системе	0,78
Среднее время пребывания заявки в очереди $\bar{T}_{оч}(t)$	0,044 часов
Среднее время пребывания заявки в системе $\bar{T}_{сист}(t)$	0,143 часов
Среднее время обслуживания одной заявки $\bar{T}_{об}(t)$	0,099 часов



Скопления очереди не наблюдается, оба представителя справляются с потоком посетителей, при этом второй канал преимущественно простаивает.

**Выводы.** Исходя из полученных результатов, сделан вывод, что один представитель МО по работе с посетителями эффективно справляется с обслуживанием, так как время пребывания заявок в системе и количество заявок в очереди увеличились незначительно. Сокращение количества представителей до одного является рациональным действием для управленческого звена. Так как второй представитель по работе с населением большую часть времени не занят обслуживанием, сокращение персонала до одного не вызовет скопления очереди и задержек в обслуживании граждан в целом.

#### Литература

1. Бьёрн, А. Бизнес-процессы : инструменты совершенствования / А. Бьёрн // РИА «Стандарты и качество». 2003. № 3. С. 239.
2. Йозайтис, В. С. Экономико-математическое моделирование производственных систем / В.С. Йозайтис, Ю.А. Львов. – М. : Высшая школа, 1991.
3. Kleinrock, L. *Queueing Systems : Problems and Solutions* // Leonard Kleinrock, Richard Gail. – Wiley-Interscience. 1996.
4. Лабскер, Л. Г. Теория массового обслуживания в экономической сфере / Л.Г. Лабскер, Л.О. Бабешко. – М. : Юнити-Дана, 1998.
5. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М. : Наука, 1987.
6. Волков, И. К. Случайные процессы / И.К. Волков, С.М. Зувев, Г.М. Цветкова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000.
7. Kleinrock, L. *Queueing Systems : Vol. II. Computer Applications*. – New York : Wiley Interscience, 1976.
8. Титоренко, Г. А. Информационные технологии управления ; под ред. Г.А. Титоренко. – М. : Юнити-Дана, 2003.
9. Ткаченко, И.Н. Классификация методов оптимизации бизнес-процессов промышленных структур / И.Н. Ткаченко, И. В. Кизиков // Известия Уральского гос. экон. ун-та. 2011. № 5. С. 30–34.
10. Фокеева, Т. А. Реинжиниринг бизнес-процессов как метод совершенствования системы управления предприятием / Т.А. Фокеева // Реформирование системы управления на современном предприятии. 2014. № 9. С. 118–121.
11. Остроухова, Н. Г. Реинжиниринг бизнес-процессов : взаимосвязь с инновационной деятельностью предприятия / Н.Г. Остроухова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2015. № 3. С. 118–126.
12. Новокрещенова, О. А. Проектирование модели управления процессом обслуживания клиентов / О.А. Новокрещенова // Вестник Волжского Университета им. В.Н. Татищева. 2014. № 4(32). С. 58–62.
13. Морозова, Л. С. Исследование взаимосвязи показателей качества обслуживания и бизнес-процессов / Л.С. Морозова, И.В. Трусевич, Е.В. Кузнецова // Сервис в России и за рубежом. 2014. № 3(50). С. 80–95.
14. Куприйчук, А. Описание и оптимизация бизнес-процессов / А. Куприйчук // Управление предприятием. 2011. № 1. С. 1–9.
15. Катаев, М. Ю. Подход к моделированию бизнес-процессов / М. Ю. Катаев, Р. И. Уколов // Электронные средства и системы управления. 2013. № 2. С. 83–87.
16. Исаев, Р. А. Способы обеспечения и улучшения качества обслуживания клиентов / Р. А. Исаев // Методы менеджмента качества. 2011. № 6. С. 4–10.
17. Заботина, Н. Н. Автоматизация процесса обслуживания клиентов и исполнения заказов / Н. Н. Заботина // Наука и образование в жизни современного общества. 2015. № 2. С. 48–49.
18. Димов, Э. М. Совершенствование бизнес-процесса обслуживания корпоративных клиентов с использованием электронных технологий / Э. М. Димов, С. Луковкин, Р. Третьяков // Инфокоммуникационные технологии. 2010. № 2. С. 47–50.
19. Багандова, Л. М. Организация и управление процессом обслуживания клиентов на предприятии сферы услуг / Л. М. Багандова // Транспортное дело России. 2010. № 6. С. 80–82.
20. Saaty, Th. L. *Elements of Queueing Theory, with Applications* / Thomas L. Saaty // McGraw-Hill. 1961.

#### References:

1. Björn, A. Business processes. Serena instruments / A. björn // RIA Standards and quality" 2003. No. 3. P. 239.
2. Ionaitis, V. S. Economy-mathematical modeling of production systems / V. S. Jasaitis, Yu. A. L`vov. – M. : Higher school, 1991.
3. Kleinrock, L. *Queueing systems : problems and solutions* // Leonard Kleinrock, Richard Gail. – Wiley's Scientific. 1996.
4. Locker, L. G. *Queueing Theory in the economic sphere* / L. G. Lazer, L. O. Babeshko. – M. : Unity-Dan, 1998.
5. Gnedenko, B. V., *Introduction to Queueing theory*/ B. V. Gnedenko, I. N. Kovalenko. – M. : Science, 1987.
6. Volkov, I. K. *Slay the process* / I. K. Volkov, and S. M. Zuev, G. M. Tsvetkov. – M. : MGTU im. H. E. Bauman, 2000.

7. Kleinrock, L. *Queuing systems : vol. II-Computer applications*. – New York : Intern M., 1976.
8. Titorenko, G. A. *Management Information technology ; under red. G. A. Trek*. – M. : Unity-Dana, 2003.
9. Tkachenko, I. N. *Classification of methods of optimization of business processes of industrial structures / Tkachenko, I. V. Sic* // *Izvestiya Ural gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2011. No. 5. P. 30–34.
10. Fokeeva, T. A. *Ringer of business processes as a method of Serena of enterprise management system / T. A. Fokeeva* // *Reforming of management system at the modern enterprise*. 2014. No. 9. P. 118–121.
11. Ostroukhova, N. G. *Ringer business processes : the relationship with the innovation of the enterprise / N. G. Ostroukhova* // *Vestnik strange public technical University. Series: Economics*. 2015. No. 3. P. 118–126.
12. Novokreschenov, O. A. *Design of the model management process customer service / O. A. Novokreschenov* // *Westnik Volshskogo University by V. N. Tatishcheva*. 2014. No. 4 (32). P. 58–62.
13. Morozova, L. S. *the study of the relationship of indicators of service quality of business processes and / L.S. Morozova, I.V. Trusevich, E. V. Kuznetsova* // *Service in Russia and abroad*. 2014. No. 3(50). P. 80–95.
14. Kupriyuchuk, A. *Description and optimization of business processes / A. Kupriyuchuk* // *Enterprise management*. 2011. No. 1. P. 1–9.
15. Kate, M. Y. *Approach to model business processes / M. J. Kate, R. I. Ucolov* // *Electronic funds management system*. 2013. No. 2. P. 83–87.
16. Isaev, R. A. *Methods of ensuring and improving the quality of customer service / R.A. Isaev* // *Methods of quality management*. 2011. No. 6. P. 4–10.
17. Zabolina, N. H. *Automation of customer service and order fulfillment / N. H. Zabolina* // *Science and education in modern society*. 2015. No. 2. P. 48–49.
18. Dim, E. M. *Improvement of business process of servicing corporate clients using electronic technologies / E. M. Dim, S. Luck, R. Tretyakov* // *Information technologies*. 2010. No. 2. P. 47–50.
19. Bands, L. M. *Organization and management process of customer service in the business services / L.M. Bands* // *Transport case of Russia*. 2010. No. 6. P. 80–82.
20. Saati, Th. L. *Elements of Queuing theory with applications / Thomas L. Saaty* // *McGraw-Hill*. 1961.