

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕЖУРНО-ДИСПЕТЧЕРСКИХ СЛУЖБ ЭКСТРЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ

© **А. А. ТАРАНЦЕВ**, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149); заведующий лабораторией Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН (Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 12-я Линия ВО, 13; e-mail: t_54@mail.ru)

© **А. Д. ИЩЕНКО**, канд. техн. наук, доцент, начальник Учебно-научного комплекса Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: aldiko@mail.ru)

© **Д. А. МАЛЫШЕВ**, заместитель начальника — старший оперативный дежурный ФКУ “Центр управления в кризисных ситуациях главного управления МЧС России по Республике Коми” (Россия, 167983, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Советская, 9); адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: malyshevdeonis@yandex.ru)

Приведен анализ функционирования традиционной системы экстренного реагирования с прямой связью абонентов со службами “01”, “02”, “03” и “04” и двухуровневой — с опосредованной связью через диспетчеров call-центра. Дано описание обеих систем с использованием математического аппарата теории массового обслуживания. Представлена номограмма для решения задачи синтеза — определения числа диспетчеров и линий связи. Приведенный подход проиллюстрирован на расчетном примере.

Ключевые слова: экстренные службы; call-центр; абонент; диспетчер; чрезвычайная ситуация; пожар.

Введение

Право на жизнь гражданина, достоинство личности, охрану здоровья и благоприятную среду закреплено в ст. 20, 21, 41 и 42 Конституции РФ [1]. В связи с этим в РФ еще во времена СССР были созданы службы экстренного реагирования — “01”, “02”, “03” и “04”. Как обратиться в эти службы, гражданам разъяснялось с детских лет: при пожаре звонить по “01”, при правонарушениях — “02”, при проблемах со здоровьем — “03”, при запахе газа — “04”. При этом предусматривалось и взаимодействие между диспетчерами этих служб. Такие службы (рис. 1) успешно функционировали в РФ до начала XXI века, а в некоторых населенных пунктах продолжают действовать до сих пор.

В то же время за рубежом сложилась несколько иная система приема сообщений от граждан. Там были созданы call-центры (например, в США единый номер “911”, в Европе — “112”), куда люди звонят со своими проблемами, а диспетчеры call-центров, уяснив суть дела, соединяют их с соответствующими экстренными службами.

В конце 90-х годов XX века — в начале XXI века и в РФ стала внедряться подобная система приема и обслуживания экстренных вызовов (рис. 2). Сначала на базе двузначного номера “01”, по которому передавались сообщения в Центр управления силами и

средствами (ЦУСС) пожарной охраны, были созданы единые дежурно-диспетчерские службы (ЕДДС) [2], а затем — центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) [3].

Представляется целесообразным для двухуровневой схемы с опосредованной связью абонентов с экстренными службами через call-центр* (см. рис. 2) оценить необходимое число диспетчеров и линий связи (ЛС) как для call-центра, так и для экстренных служб. Основным условием нормального функционирования такой системы, как и традиционной (см. рис. 1), является не превышение предельного значения вероятности отказа в обслуживании вызова, равного 0,1 % [4].

На практике, конечно, при двухуровневой схеме порядок взаимодействия должностных лиц между собой и с абонентами несколько сложнее:

- в call-центр могут поступать сообщения, не требующие экстренного реагирования, но на их обработку (выслушивание абонента и принятие решения) диспетчер тоже тратит некоторое время;
- диспетчеры экстренных служб могут (и должны) при необходимости взаимодействовать между собой;

* Например, так функционирует служба экстренного реагирования в Республике Коми.

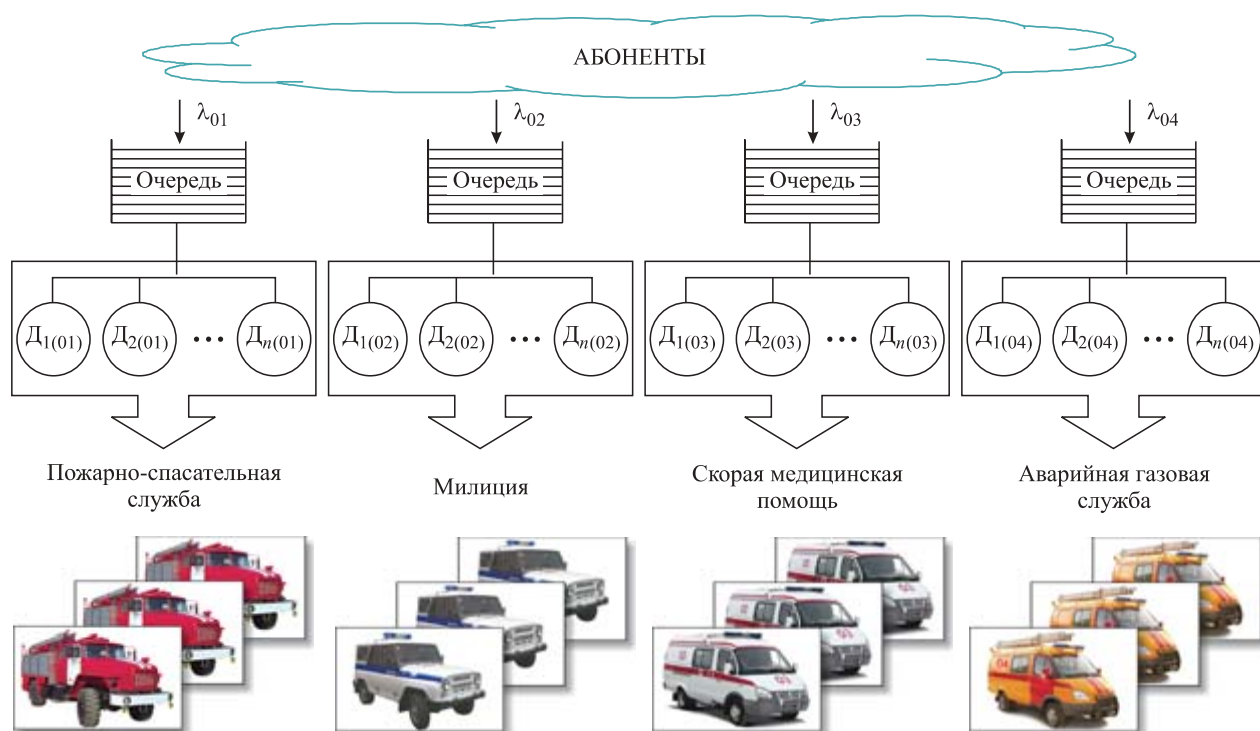


Рис. 1. "Традиционная" схема взаимодействия абонентов с диспетчерами (Д) экстренных служб

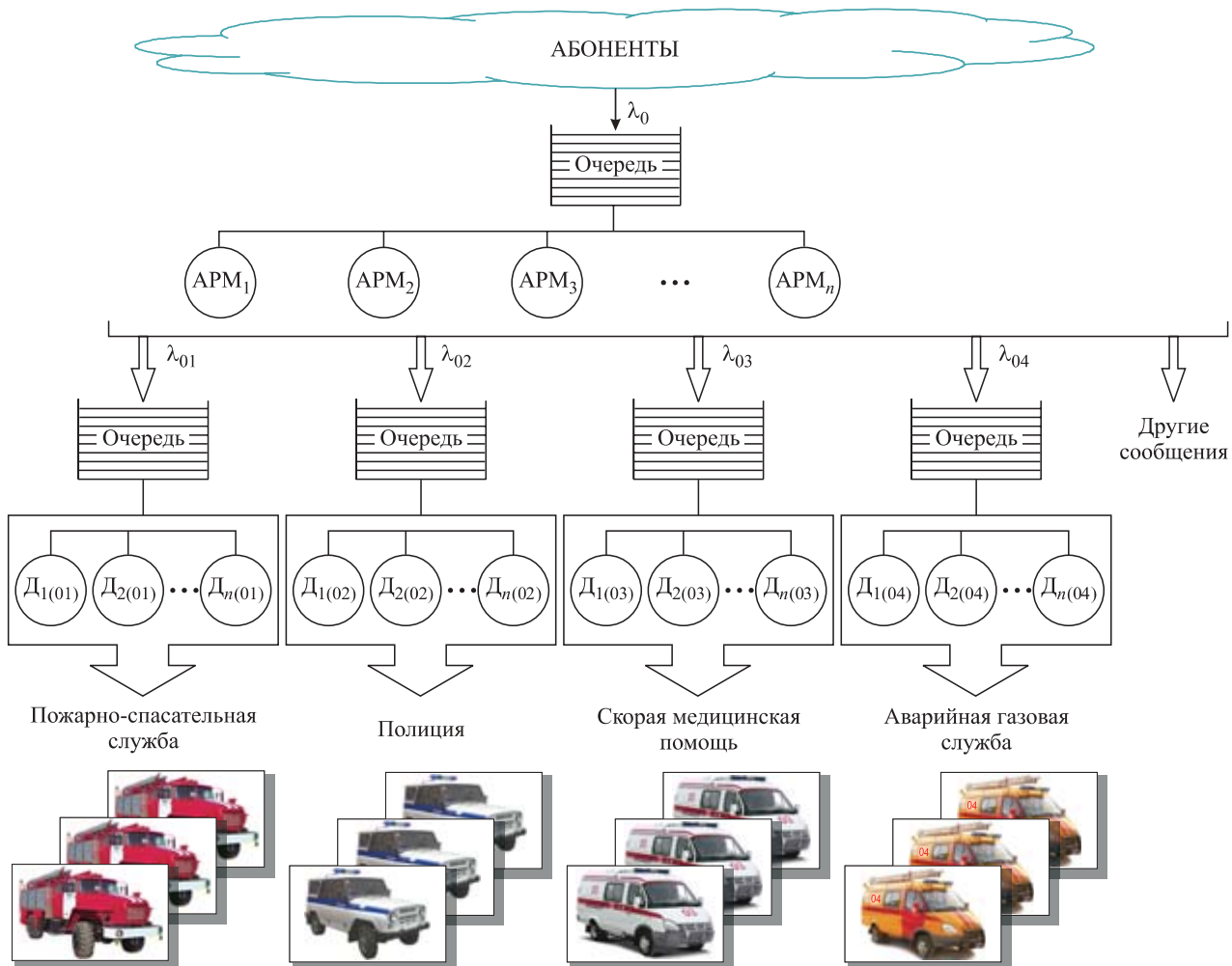


Рис. 2. Двухуровневая схема взаимодействия абонентов с экстренными службами

- при тушении пожара руководитель тушения пожара (РТП), начальник штаба и начальник тыла [5] могут обращаться в ЦППС/ЦУКС с запросами о высылке дополнительных сил и средств, передавать необходимую информацию и т. п.

Экстренная служба и ее элементы как система массового обслуживания

Деятельность структур “абоненты – диспетчеры call-центра” и “диспетчеры call-центра – диспетчеры экстренных служб” может быть описана с помощью математического аппарата теории массового обслуживания [6, 7]. Это позволит решить такую важную задачу, как рациональный выбор количества диспетчеров и ЛС, что, с одной стороны, обеспечит требуемое качество приема и обработки сообщений, а с другой — не приведет к неоправданному увеличению штата системы экстренного реагирования [3, 8] и затрат на его содержание.

Указанные структуры экстренной службы могут быть представлены в виде n -канальных систем массового обслуживания (СМО) с m -местной очередью (рис. 3).

Каналами обслуживания (КО) при этом являются диспетчеры call-центра или экстренных служб, а m -местной очередью/накопителем — число ЛС, на которых могут удерживаться абоненты/заявки, когда заняты все n КО. При стандартных допущениях [6, 7] зависимость между характеристиками (вероятность отказа в приеме заявки ввиду переполненности очереди $p_{отк}$, вероятность немедленного принятия заявки в КО p_n , нагрузка на КО ρ и среднее время ожидания заявки в очереди $t_{ож}$) и параметрами СМО (число КО n , число ЛС L и среднее время обслуживания заявки $t_{об}$) может быть описана выражениями:

$$p_{отк} = p_0 \frac{\alpha^n \rho^m}{n!}; \quad (1)$$

$$p_n = p_0 \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\alpha^i}{i!}; \quad (2)$$

$$t_{ож} = p_0 \frac{\alpha^n \rho [1 - (m+1)\rho^m + m\rho^{n+1}]}{\lambda n!(1-\rho)^2}; \quad (3)$$

$$\rho = \alpha/n, \quad (4)$$

где p_0 — вероятность незанятости всех n КО;
 α — приведенная нагрузка; $\alpha = \lambda t_{об} \neq n$;
 λ — частота поступления заявок;
 $m = L - n \geq 0$.

Вероятность p_0 может быть определена из выражения

$$p_0 = \left[\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!} + \frac{\alpha^n \rho (1 - \rho^m)}{n!(1-\rho)} \right]^{-1}. \quad (5)$$

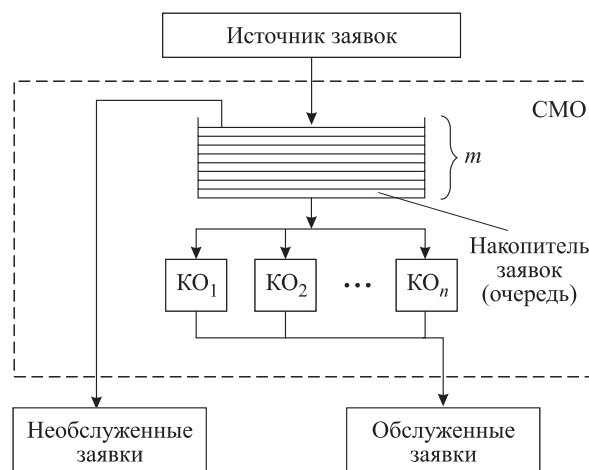


Рис. 3. Схема n -канальной СМО с m -местной очередью

Выражения (1)–(5) [7–9] могут использоваться для решения задач анализа и синтеза СМО (рис. 4). В первом случае по известным параметрам n и L , а также частоте поступления заявок λ определяют характеристики СМО $\{p_{отк}, p_n, \rho, t_{ож}\}$ (см. рис. 4, а), сравнивают их с допустимыми значениями [4, 10] и делают вывод о том, насколько СМО эффективна.

Задача синтеза заключается в том, чтобы по допустимым значениям характеристик СМО $\{p_{отк}, p_n, \rho, t_{ож}\}$ (согласно [4] $p_{отк} < 0,1\%$; согласно [10] $t_{ож} < 10$ с; $\rho < 0,3$; $p_n > 0,9$ или $0,95$) и известным частоте поступления заявок λ и среднему времени $t_{об}$ определить необходимые значения n и L (см. рис. 4, б).

Задачу синтеза целесообразно решать с использованием номограмм. Первый вариант номограммы был опубликован в работе [11], другой — в [8] и [12], а в работах [9, 13] представлен наиболее совершенный вид номограммы (рис. 5) для стандартной многоканальной СМО. В этой номограмме в качестве горизонтальной оси использована преобразованная

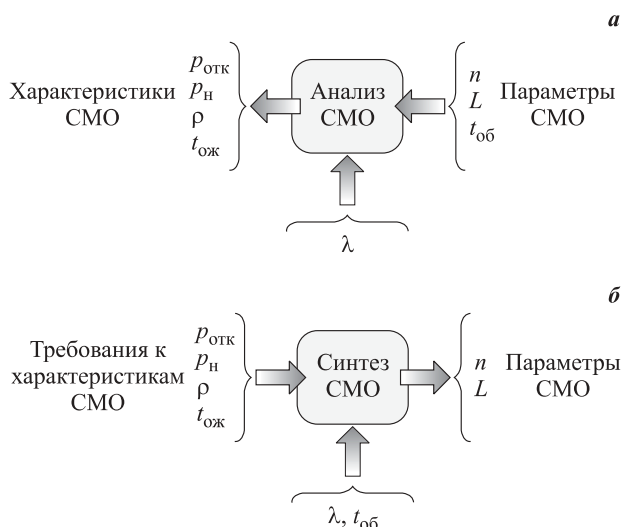


Рис. 4. Схема решения задач анализа (а) и синтеза (б) СМО

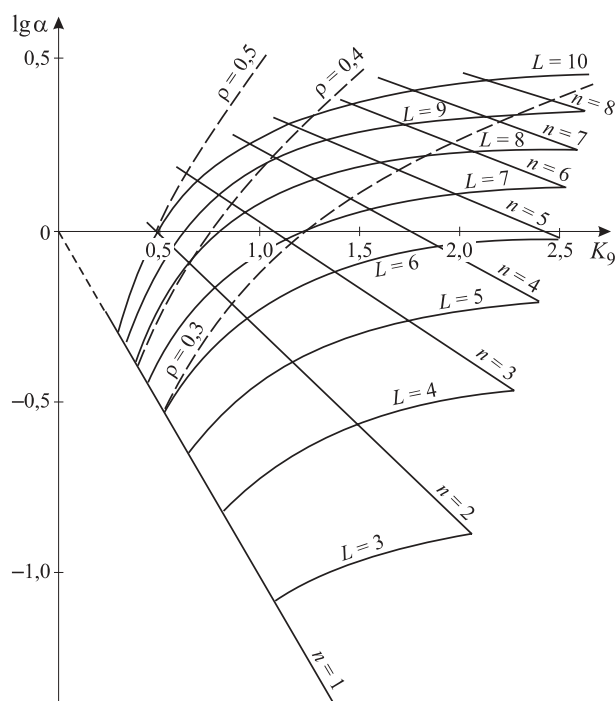


Рис. 5. Номограмма для определения числа диспетчеров n и ЛС L при $p_{\text{отк}} = 0,05 \%$

величина вероятности немедленного принятия заявки

$$K_9 = \lg \frac{1}{1 - p_n}, \quad (6)$$

которую можно трактовать как “количество девяток после запятой”. Например, если $p_n = 0,9$, то $K_9 = 1$, если $p_n = 0,95$, то $K_9 = 1,3$, а если $p_n = 0,99$, то $K_9 = 2$.

Далее представляется целесообразным определить общее число диспетчеров и ЛС в дежурных сменах экстренных служб для двухуровневой системы (см. рис. 2). Решение такой задачи для традиционной системы (см. рис. 1) дано в работах [8, 9].

Задача синтеза двухуровневой схемы обслуживания заявок

В случае двухуровневой схемы (см. рис. 2) вероятность отказа в приеме заявки в экстренную службу $p_{\text{отк } i}$ может быть оценена с учетом вероятностей отказа в приеме заявки в call-центре и в экстренных службах $p_{\text{ц}}$ и вероятности потери заявки при переадресации из call-центра в экстренную службу p_n . Тогда вероятности отказа в приеме заявки по линии служб “01”, “02”, “03” и “04” соответственно p_{01} , p_{02} , p_{03} и p_{04} можно записать в виде:

$$p_{\text{отк } i} = 1 - (1 - p_{\text{ц}})(1 - p_n)(1 - p_{0i}), \quad i \in [1, 4]. \quad (7)$$

Если даже предположить, что переадресация достаточно надежна (т. е. $p_n \rightarrow 0$), а на вероятности $\{p_{\text{отк } i}\}$ наложены ограничения не более 0,1 % [4], то должны выполняться условия: $p_{\text{ц}} < 0,05 \%$ и

Результаты проверочных расчетов

Служба	$p_{\text{отк}}, \%$	p_n	$\lambda t_{\text{ож}}$	ρ
Call-центр	0,039	0,998	$3,86 \cdot 10^{-4}$	0,1825
01	0,020	0,998	$1,97 \cdot 10^{-4}$	0,1250
02	0,044	0,997	$4,45 \cdot 10^{-4}$	0,1500
03	0,024	0,980	$6,46 \cdot 10^{-3}$	0,2500
04	0,002	0,975	$6,40 \cdot 10^{-4}$	0,0250

$\{p_{0i}\} < 0,05 \%$. Для того чтобы решить задачу синтеза двухуровневой схемы (см. рис. 2) и найти число диспетчеров $n_{\text{ц}}$ и ЛС $L_{\text{ц}}$ в call-центре, а также величины $\{n_{0i}\}$, $\{L_{0i}\}$, разработана специальная номограмма (см. рис. 5) с учетом условия $p_{\text{отк}} < 0,05 \%$. Решение задачи синтеза двухуровневой схемы обслуживания заявок позволит найти суммарное число диспетчеров $n_{\text{ду}}$ и ЛС $L_{\text{ду}}$:

$$n_{\text{ду}} = n_{\text{ц}} + n_{01} + n_{02} + n_{03} + n_{04}; \quad (8)$$

$$L_{\text{ду}} = L_{\text{ц}} + L_{01} + L_{02} + L_{03} + L_{04}. \quad (9)$$

Решение задачи синтеза двухуровневой схемы (см. рис. 2) целесообразно показать на примере. Предположим, что приведенная нагрузка на call-центр $\alpha_{\text{ц}} = 0,9125$ ($\lg \alpha_{\text{ц}} = -0,04$), вероятность немедленного ответа его диспетчера абоненту $p_{\text{нц}} > 0,995$. Для различных экстренных служб к вероятности немедленного принятия заявки p_n могут предъявляться различные требования. Например, для служб “01” и “02” $p_n > 0,99$, для службы “03” — $p_n > 0,95$, для службы “04” — $p_n > 0,9$. Согласно [10] $\rho < 0,3$. Предположим, что имеют место следующие нагрузки на диспетчерские пункты экстренных служб: $\alpha_{01} = 0,5$ ($\lg \alpha_{01} = -0,3$), $\alpha_{02} = 0,6$ ($\lg \alpha_{02} = -0,22$), $\alpha_{03} = 1$ ($\lg \alpha_{03} = 0$), $\alpha_{04} = 0,025$ ($\lg \alpha_{04} = -1,6$).

При решении задачи синтеза в координатах ($\lg \alpha$, K_9) определяются исходные рабочие точки $A_{\text{ц}}$, A_{01} , A_{02} , A_{03} , A_{04} и рабочие области (рис. 6, выделены штриховкой), а затем — действительные рабочие точки $B_{\text{ц}}$, B_{01} , B_{02} , B_{03} , B_{04} . В результате получаем: $n_{\text{ц}} = 5$, $L_{\text{ц}} = 6$, $n_{01} = 4$, $L_{01} = 5$, $n_{02} = 4$, $L_{02} = 5$, $n_{03} = 4$, $L_{03} = 7$ (см. рис. 6). Аналогично для службы “04” — $n_{04} = 1$, $L_{04} = 3$.

По выражениям (1)–(5) можно провести проверку и убедиться в правильности найденных значений числа диспетчеров и ЛС (см. таблицу). Полученные данные свидетельствуют о правильности решения задачи синтеза с использованием номограммы рис. 5. Окончательно по выражениям (8) и (9) находим: $n_{\text{ду}} = 18$, $L_{\text{ду}} = 26$.

Выводы

Таким образом, показана возможность решения задач анализа и синтеза современной двухуровне-

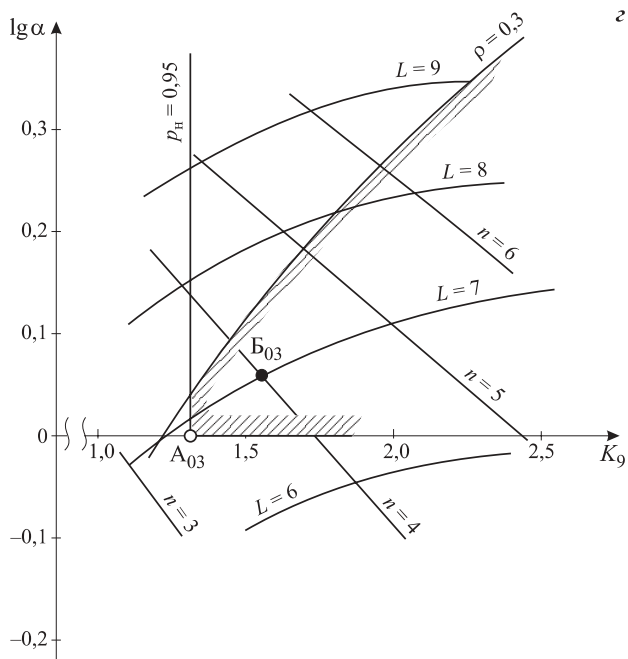
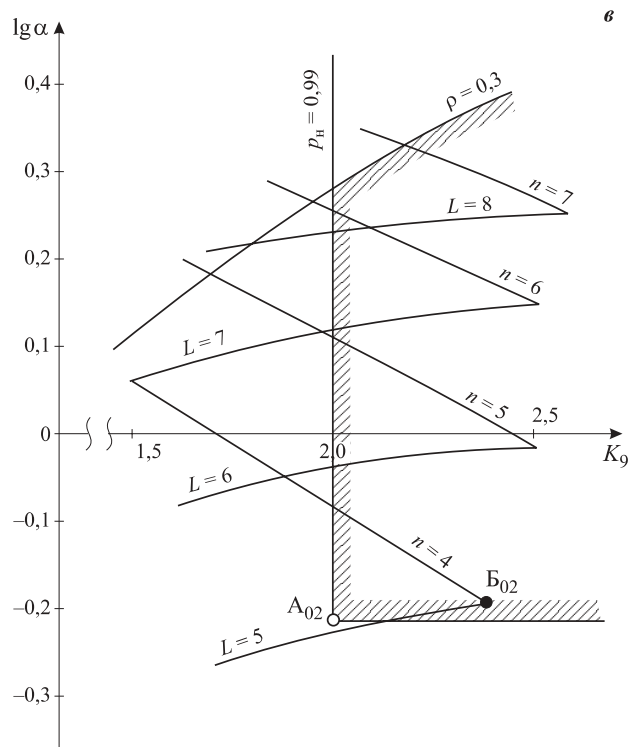
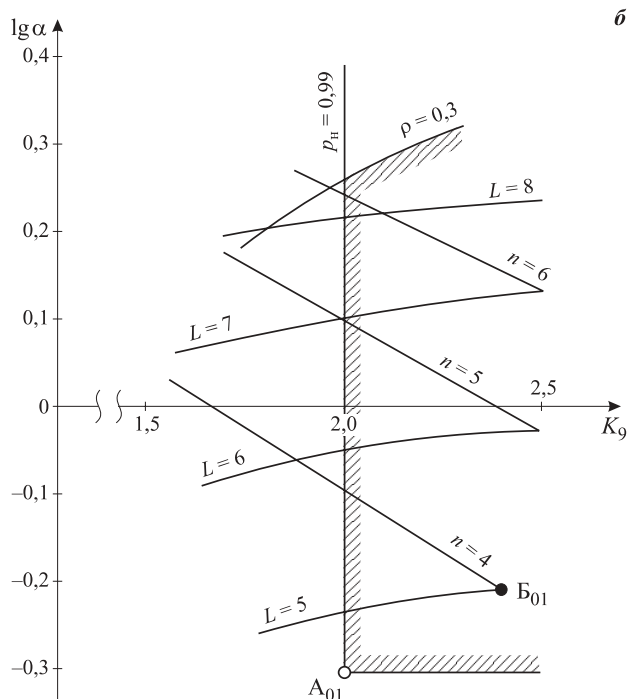
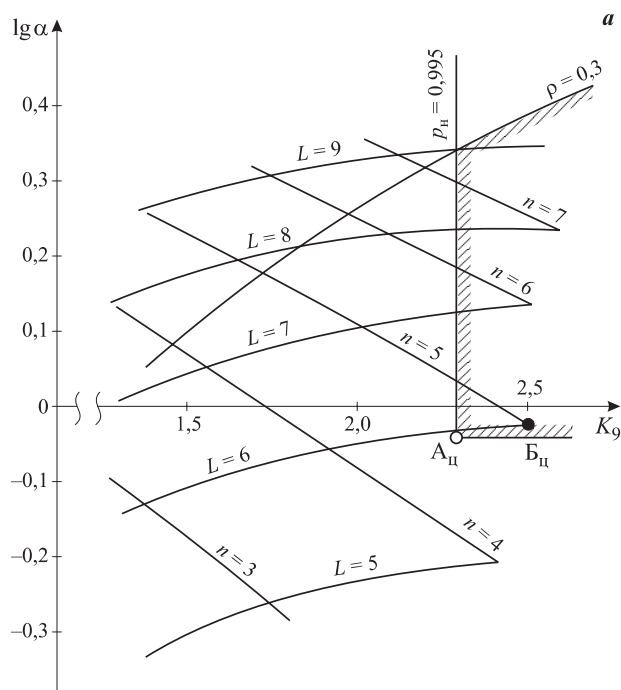


Рис. 6. Нахождение необходимого числа диспетчеров n и линий связи L (при $p_{\text{отк}} \leq 0,05\%$) для двухуровневой схемы: а — call-центр; б — служба “01”; в — служба “02”; з — служба “03”

вой схемы (1-й уровень — call-центр, 2-й — диспетчерские службы “01”, “02”, “03”, “04”) приема и обработки сообщений о пожарах, правонарушениях, проблемах со здоровьем и утечках газа. В случае решения задач синтеза целесообразно использовать специальные номограммы, построенные с помощью математического аппарата теории массового обслу-

живания, с последующей проверкой по известным математическим выражениям.

В дальнейшем целесообразно рассмотреть задачу синтеза трехуровневой схемы “call-центр — ЦУКС — диспетчеры” с учетом как ограниченной надежности ЛС и готовности диспетчеров, так и “нетерпеливости” абонентов [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации (принята 12.12.1993) (с попр. от 30.12.2008, 05.02.2014, 21.07.2014) // Российская газета. — 25.12.1993. — № 237; 21.01.2009. — № 7. URL: http://base.garant.ru/10103000/1/#block_5555 (дата обращения: 10.12.2015).
2. ГОСТ Р 22.7.01–99. Безопасность в ЧС. Единая дежурно-диспетчерская служба. Основные положения. — Введ. 01.01.2000. — М. : Изд-во стандартов, 1999.
3. О некоторых вопросах Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : Указ Президента РФ от 15.02.2011 № 195 // Собрание законодательства Российской Федерации. — № 8 (21.02.2011), ст. 1085.
4. РД 45.120–2000 (НТП 112–2000). Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. — Введ. 26.10.2000. — М. : ЦНТИ “Информсвязь”, 2000.
5. Об утверждении нормативных правовых актов в области организации деятельности Государственной противопожарной службы (вместе с “Боевым уставом пожарной охраны”) : приказ МВД РФ от 05.07.1995 № 257 (ред. от 06.05.2000). URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.12.2015).
6. *Вентцель Е. С.* Исследование операций. — М. : Сов. радио, 1972. — 552 с.
7. *Таранцев А. А.* Инженерные методы теории массового обслуживания : монография. — 2-е изд. перераб. и доп. — СПб. : Наука, 2007. — 176 с.
8. *Таранцев А. А.* Методика определения числа диспетчеров и линий связи дежурно-диспетчерских служб // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 8. — С. 69–85.
9. *Таранцев А. А., Малышев Д. А.* О возможности совершенствования ГОСТ Р 22.7.01–99 “Единая дежурно-диспетчерская служба” // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 11. — С. 77–81.
10. *Шаровар Ф. И.* Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране : учеб. пособие. — М. : ВПИТШ МВД СССР, 1987. — 302 с.
11. *Таранцев А. А.* О способе выбора параметров СМО с очередью // Известия РАН. Автоматика и телемеханика. — 1999. — № 7. — С. 172–176.
12. *Артамонов В. С., Погорельская К. В., Таранцев А. А.* Методика определения рационального числа операторов и линий связи Центра управления силами Федеральной противопожарной службы // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 6 — С. 4–9.
13. *Малышев Д. А., Нодь А. П., Таранцев А. А.* Номограммы для задач синтеза систем массового обслуживания сообщений // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2015. — № 2(34) — С. 21–25.
14. *Малышев Д. А., Таранцев А. А.* Моделирование работы диспетчерского пункта как систем массового обслуживания с “нетерпеливыми” заявками // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2014. — № 4 — С. 73–77.