

УДК 614.84

О ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСТ Р 22.7.01–99 “ЕДИНАЯ ДЕЖУРНО- ДИСПЕТЧЕРСКАЯ СЛУЖБА”

© **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; e-mail: t_54@mail.ru)

© **Д. А. МАЛЫШЕВ**, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149)

Дан краткий анализ основных положений ГОСТ Р 22.7.01–99 “Единая дежурно-диспетчерская служба”. Показано, что в нем отсутствуют требования к основным характеристикам ЕДДС и рациональному выбору числа автоматизированных рабочих мест диспетчеров и линий связи. Представлен проект приложения к ГОСТ Р 22.7.01–99, в котором приведены методы оценки соответствия характеристик ЕДДС заданным требованиям и выбора числа автоматизированных рабочих мест диспетчеров и линий связи.

Ключевые слова: единая дежурно-диспетчерская служба; автоматизированное рабочее место; диспетчер; обработка сообщений абонентов; линии связи.

ГОСТ Р 22.7.01–99 [1] устанавливает структуру, состав задач и порядок функционирования единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) города, района в режимах повседневной деятельности, повышенной готовности и ЧС. Применительно к задачам МЧС, в частности пожарной охраны, в функции ЕДДС входит прием и обработка сообщений, что является одним из важнейших этапов деятельности по обеспечению безопасности людей, тушению пожаров, спасению материальных ценностей [2].

В подразд. А.3.4 приложения А [1] указано, что “типовая проектная документация автоматизированной системы (АС) ЕДДС разрабатывается для каждой группы городов в соответствии с их классификацией...”, а в Москве и Санкт-Петербурге АС ЕДДС “разрабатывается по отдельным техническим заданиям и проектам”.

Тем не менее в ГОСТе [1] отсутствует информация о таких критически важных для обоснования технических заданий и проектов методах, как выбор необходимого числа автоматизированных рабочих мест (АРМ) диспетчеров (рис. 1), линий связи (ЛС) для проектируемой (модернизируемой) ЕДДС; оценка соответствия действующей ЕДДС заданным требованиям, а также отсутствуют сами требования.

В то же время разработке и обоснованию таких методов посвящено достаточно много публикаций [3–6], а в работах [6, 7] приведены основные требования к ЕДДС:

- вероятность потери вызова (отказ в приеме сообщения по причине занятости диспетчеров и ЛС) $P_{\text{отк}}$ в часы наибольшей нагрузки (ЧНН) не должна превышать допустимой величины, т. е. 0,1 % согласно [8];

- нагрузка на диспетчеров ρ не должна превышать критического значения — порядка 0,4 [7], при котором в силу утомления диспетчера возникает риск неправильной обработки сообщения абонента;
- среднее время ожидания связи абонента с диспетчером $t_{\text{ож}}$ не должно превышать допустимой величины — 10 с [7];
- вероятность немедленной связи абонента с диспетчером p_n не должна быть меньше допустимой величины, например 90 %.

С позиций теории массового обслуживания [9–11] ЕДДС можно представить в виде многоканальной системы с ограниченной очередью [5, 6, 12], куда поступает поток сообщений со средним интервалом $t_{\text{п}}$, которые обрабатываются (прием сообщения, уточнение информации, принятие решения, доведение его до исполнителя, при необходимости переадресация сообщения и др.) в течение среднего времени



Рис. 1. АРМ диспетчера, принимающего и обрабатывающего сообщения от абонентов

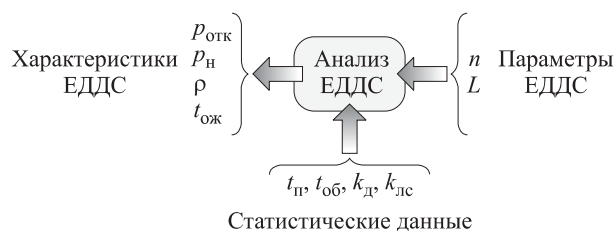


Рис. 2. Схема решения задачи анализа применительно к ЕДДС

$t_{об}$. При этом следует учитывать коэффициент готовности диспетчера $k_д$, т. е. отношение среднего времени нахождения диспетчера на рабочем месте к продолжительности смены ($k_д \leq 1$), и коэффициент аппаратной готовности $k_{лс}$, т. е. отношение среднего числа исправных ЛС (АРМ) к их общему числу ($k_{лс} \leq 1$).

Задача оценки соответствия действующей ЕДДС заданным требованиям является задачей *анализа* (рис. 2), т. е. оценки характеристик ЕДДС $\{p_{отг}, p_н, \rho, t_{ож}\}$, включающей n АРМ и L ЛС, при статистически определенных значениях $\{t_н, t_{об}, k_д$ и $k_{лс}\}$. Задача выбора необходимого числа АРМ диспетчеров ЛС для проектируемой (модернизируемой) ЕДДС является задачей *синтеза* (рис. 3).

На основе упомянутых разработок можно предложить дополнение к ГОСТу [1] в виде справочного

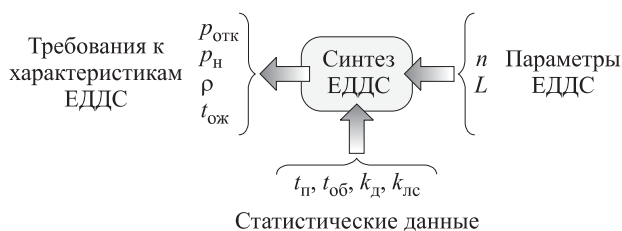


Рис. 3. Схема решения задачи синтеза применительно к ЕДДС

приложения Б “Методы обеспечения требуемого уровня характеристик работы ЕДДС” (его проект приводится далее), которое содержит метод расчетного определения характеристик действующей ЕДДС, рекомендации по их улучшению и метод графического определения числа АРМ и ЛС. Предлагаемое приложение снабжено примерами, иллюстрирующими применение указанных методов, что сделает их понятными и доступными для широкого круга специалистов МЧС.

Таким образом, дополнение ГОСТа [1] данным приложением позволит, с одной стороны, находить объективно минимально необходимое число АРМ (число диспетчеров в дежурной смене для ЧНН) и ЛС, а с другой — оценивать соответствие ЕДДС требованиям, предъявляемым к ее характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 22.7.01–99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Единая дежурно-диспетчерская служба. Основные положения. — Введ. 01.01.2000. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
3. Таранцев А. А. О способе выбора параметров СМО с очередью // Известия РАН. Автоматика и телемеханика. — 1999. — № 7. — С. 172–176.
4. Топольский Н. Г., Таранцев А. А., Чумаченко А. П. Экспресс-выбор параметров систем массового обслуживания в АСУ пожарной охраны // Пожаровзрывобезопасность. — 2000. — Т. 9, № 1. — С. 7–11.
5. 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.
6. Таранцев А. А. Методика определения числа диспетчеров и линий связи дежурно-диспетчерских служб // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 8. — С. 69–85.
7. Шаровар Ф. И. Автоматизированные системы и связь в пожарной охране : учебное пособие. — М. : Радио и связь, 1987.
8. РД 45.120–2000 (НТП 112–2000). Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. — Введ. 26.10.2000. URL: www.normacs.ru/Doclist/doc/9IF.html (дата обращения: 10.06.2015).
9. Вентцель Е. С. Исследование операций. — М. : Советское радио, 1972.
10. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. — М. : Наука, 1966.
11. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. — М. : ГИФМЛ, 1963.
12. Таранцев А. А. Инженерные методы теории массового обслуживания. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб. : Наука, 2011.

Материал поступил в редакцию 24 июля 2015 г.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ЕДДС

Б1. Основные положения

Настоящие методы устанавливают порядок определения основных характеристик ЕДДС (вероятность отказа в приеме сообщения абонента $p_{\text{отк}}$; вероятность немедленного приема сообщения к обслуживанию $p_{\text{н}}$; средняя нагрузка на диспетчера ρ ; среднее время ожидания абонента связи с диспетчером $t_{\text{ож}}$) и порядок выбора такого количества диспетчеров n в дежурной смене (или автоматизированных рабочих мест (АРМ) и числа линий связи (ЛС) L , которые обеспечат требуемые значения характеристик ЕДДС.

В настоящем приложении используются следующие обозначения:

Обозначение	Пояснение	Физическая размерность
$t_{\text{п}}$	Среднее время между поступлением сообщений	мин
$t_{\text{об}}$	Среднее время обработки сообщения диспетчером	мин
α	Приведенная нагрузка	—
n	Число диспетчеров в смене (АРМ)	—
L, Λ	Оборудованное в ЕДДС и действующее число ЛС	—
ρ	Нагрузка на диспетчера	—
$p_{\text{отк}}$	Вероятность отказа в приеме сообщения	—
$m, m_{\text{оч}}$	Максимально возможная и средняя длина очереди	—
$p_{\text{н}}$	Вероятность немедленного приема сообщения диспетчером	—
p_0	Вероятность незанятости диспетчеров и ЛС	—
$t_{\text{ож}}$	Время ожидания связи абонента с диспетчером	мин
$\tau_{\text{ож}}$	Приведенное время ожидания, средняя очередь; $\tau_{\text{ож}} = m_{\text{оч}}$	—
$k_{\text{д}}$	Коэффициент готовности диспетчера	—
$k_{\text{лс}}$	Коэффициент готовности ЛС	—
N	Действующее число диспетчеров	—
Γ	Гамма-функция	—
S, K_9	Вспомогательные переменные	—
A, B	Исходная и принятая рабочие точки	—

Используемые в данном приложении аналитические и графические зависимости основываются на общеизвестных положениях теории массового обслуживания*, в частности на модели многоканальной системы массового обслуживания с ограниченной очередью**.

Б2. Метод расчетного определения характеристик действующей ЕДДС и рекомендации по их улучшению

Б2.1. При использовании настоящего метода статистическим путем определяются:

- среднее время между поступлением сообщений $t_{\text{п}}$;
- среднее время обработки (обслуживания) сообщения диспетчером $t_{\text{об}}$ (прием сообщения, уточнение информации, принятие решения и доведение его до исполнителя, при необходимости переадресация сообщения и др.);
- коэффициент готовности диспетчера $k_{\text{д}}$ (отношение среднего времени нахождения диспетчера на рабочем месте к продолжительности смены, $k_{\text{д}} \leq 1$);
- коэффициент аппаратной готовности $k_{\text{лс}}$ (отношение среднего числа исправных ЛС (АРМ) к общему числу, $k_{\text{лс}} \leq 1$).

Б2.2. Действующее число диспетчеров v и действующее число ЛС Λ определяются соответственно из выражений:

$$v = k_{\text{д}} n; \quad (\text{Б2.1})$$

$$\Lambda = k_{\text{лс}} L. \quad (\text{Б2.2})$$

Приведенная нагрузка на ЕДДС α устанавливается из уравнения

$$\alpha = t_{\text{об}}/t_{\text{п}}. \quad (\text{Б2.3})$$

Б2.3. Основные характеристики ЕДДС определяются из выражений:

$$\rho = \alpha/v; \quad (\text{Б2.4})$$

$$p_0 = \left[S(v) + \frac{\alpha^v \rho (1 - \rho^m)}{\Gamma(v+1)(1-\rho)} \right]^{-1}; \quad (\text{Б2.5})$$

$$p_{\text{отк}} = p_0 \alpha^v \rho^m / [\Gamma(v+1)]; \quad (\text{Б2.6})$$

* Вентцель Е. С. Исследование операций. — М.: Сов. радио, 1972.

** Таранцев А. А. Инженерные методы теории массового обслуживания. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: Наука, 2011.

$$p_n = p_0 \frac{S(v) - \alpha^v}{\Gamma(v + 1)}; \quad (Б2.7)$$

$$t_{ож} = t_{п} p_0 \alpha^v \rho \frac{1 - (m + 1)\rho^v + m\rho^{v+1}}{\Gamma(v + 1)(1 - \rho)^2}, \quad (Б2.8)$$

где $\Gamma(*)$ — табличное значение гамма-функции;

$$S(v) = \sum_{i=0}^v \frac{\alpha^i}{i!};$$

m — длина очереди; $m = \Lambda - v$.

При нецелых значениях v величина $S(v)$ находится следующим образом. При определенной по выражению (Б2.3) приведенной нагрузке α для значений n , начиная с $n = 1$ до $n > v$, вычисляются $S(1), \dots, S(n)$, а величина $S(v)$ с учетом того, что $S(0) = 1$, определяется интерполяцией.

Б2.4. Вычисленные по выражениям (Б2.4)–(Б2.8) значения основных характеристик ЕДДС сравниваются с допустимыми (обозначаются индексом “доп”) (например, $p_{отк.доп} = 0,001 = 0,1\%*$; $\rho_{доп} = 0,4$; $t_{ож.доп} = 10 \text{ с}^{**}$; $p_{н.доп} = 0,95$). После этого делается вывод о соответствии ЕДДС предъявляемым требованиям. При положительном результате в изменении числа АРМ и ЛС нет необходимости. При отрицательном результате необходимо увеличить значение L и/или n на 1, после чего провести вычисления по выражениям (Б2.1), (Б2.2), (Б2.4)–(Б2.8) и повторить сравнение полученных значений характеристик ЕДДС с допустимыми.

Б3. Метод графического определения числа АРМ и ЛС

Б3.1. В соответствии с п. Б.2.1 устанавливаются значения $t_{п}$, $t_{об}$, $k_{д}$, $k_{лс}$. По выражению (Б2.3) определяется α . Задаются допустимые значения характеристик ЕДДС — $\rho_{доп}$ и $p_{н.доп}$. Вычисляется величина K_9 (число девяток после запятой):

$$K_9 = -\lg(1 - p_{н.доп}). \quad (Б2.9)$$

Б3.2. По графику на рис. Б1 определяется рабочая область — правый верхний квадрант, ограниченный линиями α , K_9 и $\rho_{доп}$. В этой области выбирается рабочая точка на пересечении линий с наименьшими значениями n и L . По выражениям (Б2.1) и (Б2.2) определяются значения v и Λ .

Б3.3. Проводится проверка выполнения условий: $p_{отк} < p_{отк.доп}$, $\rho < \rho_{доп}$, $p_n < p_{н.доп}$, $t_{ож} < t_{ож.доп}$. Согласно п. Б2.3 по значениям α , v и Λ определяют характеристики ЕДДС, по п. Б2.4 оценивают их соответствие допустимым значениям.

* РД 45.120–2000 (НТП 112–2000). Городские и сельские телефонные сети. Нормы технологического проектирования.

** Шаровар Ф. И. Автоматизированные системы и связь в пожарной охране. — М.: Радио и связь, 1987.

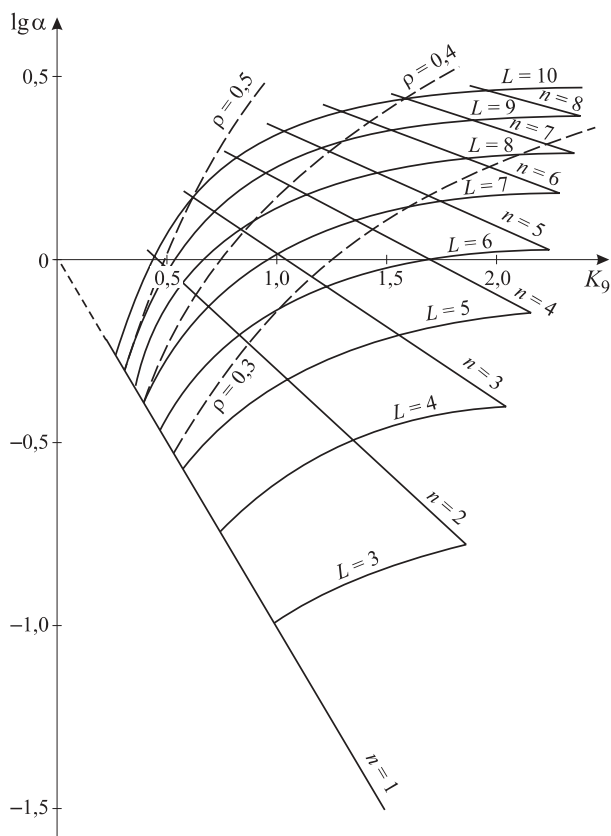


Рис. Б1. Номограмма для определения числа АРМ n и ЛС L при $p_{отк} = 0,1\%$

Б4. Примеры расчета

Б4.1. Пусть создается (модернизируется) ЕДДС. На основании статистических данных ожидается, что в часы наибольшей нагрузки среднее время между поступлением сообщений в ЕДДС $t_{п} \approx 1,58$ мин, а среднее время обработки сообщения диспетчером $t_{об} \approx 1,1$ мин. Требуется определить необходимое число АРМ n и ЛС L при $p_{отк.доп} = 0,001$; $\rho_{доп} = 0,4$ и $p_{н.доп} = 0,9$.

По выражению (Б2.3) находим приведенную нагрузку на ЕДДС: $\alpha = 1,1/1,58 \approx 0,7$. Используя номограмму на рис. Б1 с учетом, что $\lg 0,7 \approx -1,55$ и $K_9 = 1$ согласно (Б2.9), получаем исходную рабочую точку A и рабочую область (рис. Б2). По рис. Б2 находим рабочую точку B с координатами $n = 3$ и $L = 6$. Таким образом, для данной ЕДДС необходимое число АРМ составит 3, число ЛС — 6.

В соответствии с п. Б2.3 проведем проверку: $v = n = 3$; $m = 6 - 3 = 3$; $\rho = 0,7/3 \approx 0,233 < \rho_{доп}$; $S(3) = 1 + 0,7 + 0,7^2/2 + 0,7^3/6 \approx 2,0$; $p_0 = \{2,0 + 0,7^3 \cdot 0,233 [3!(1 - 0,233)]^{-1}\}^{-1} \approx 0,488$; $p_{отк} = 0,488 \cdot 0,7^3 \cdot 0,233^3/3! \approx 0,328 \cdot 10^{-3} < p_{отк.доп}$; $p_n = 0,488(2,0 - 0,7^3/3!) \approx 0,949 > p_{н.доп}$; $t_{ож} = 1,58 \cdot 0,488 \cdot 0,7^3 \cdot 0,233(1 - 4 \cdot 0,233^3 + 3 \cdot 0,233^4) \times [3!(1 - 0,233)^2]^{-1} \approx 0,0168 \text{ мин} = 1,005 \text{ с} < t_{ож.доп}$.

Таким образом, ЕДДС с тремя АРМ и шестью ЛС будет удовлетворять предъявляемым требованиям.

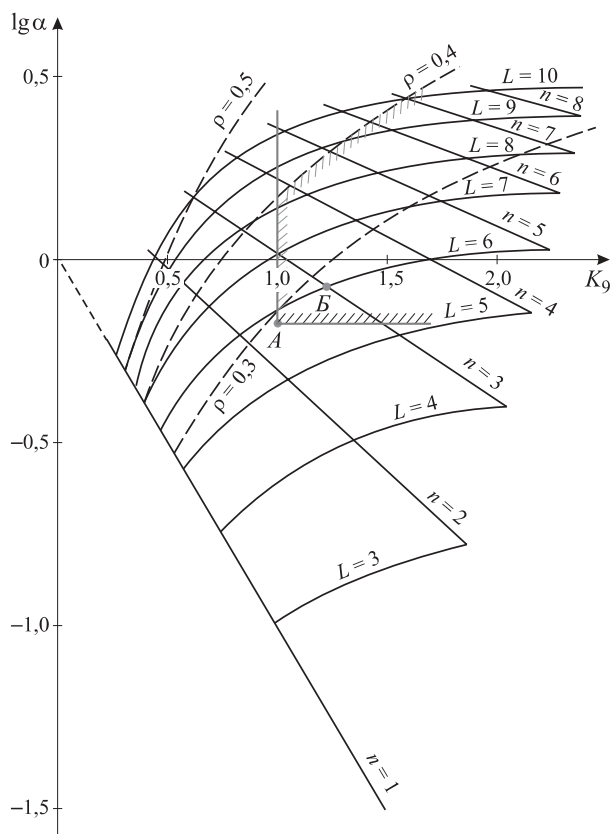


Рис. Б2. К примеру применения номограммы для определения числа АРМ и ЛС при $p_{\text{отк}} = 0,1\%$

Б4.2. Пусть существует ЕДДС с тремя АРМ ($n=3$) и шестью ЛС ($L=6$), в которую в часы наибольшей нагрузки поступает поток сообщений в среднем через каждые 1,58 мин, а каждое сообщение обрабатывается диспетчером в среднем за 1,1 мин. Известно также, что $k_d = 0,8$ и $k_{\text{лс}} = 0,95$. Требуется оценить, удовлетворяет ли данная ЕДДС следующим требованиям: $p_{\text{отк.доп}} = 0,001$; $\rho_{\text{доп}} = 0,4$; $t_{\text{ож.доп}} = 10$ с; $p_{\text{н.доп}} = 0,9$.

Согласно (Б2.1) и (Б2.2) получаем: $v = 0,8 \cdot 3 = 2,4$; $\Lambda = 0,95 \cdot 6 = 5,7$; $m = 5,7 - 2,4 = 3,3$; $\Gamma(3,4) \approx 2,8$; $\alpha = 0,7$, как в предыдущем примере. В соответствии с п. Б2.3 получаем: $\rho = 0,7/2,4 = 0,292 < \rho_{\text{доп}}$. Величину S находим следующим образом: вычисляем

$S(1) = 1,7$; $S(2) = 1,945$; $S(3) = 2,0$; затем интерполяцией получаем $S(2,4) \approx 1,983$. По выражениям (Б2.4)–(Б2.8) получаем: $p_0 = \{1,983 + 0,7^{2,4} \cdot 0,292(1 - 0,292^{3,3})\} \times [2,8(1 - 0,292)]^{-1} \approx 0,489$; $p_{\text{отк}} = 0,489 \cdot 0,7^{2,4} \times 0,292^{3,3}/2,8 \approx 1,28 \cdot 10^{-3} > p_{\text{отк.доп}}$; $p_n = 0,489(1,983 - 0,7^{2,4}/2,8) \approx 0,895 < p_{\text{н.доп}}$; $t_{\text{ож}} = 1,58 \cdot 0,489 \cdot 0,7^{2,4} \times 0,292(1 - 4,3 \cdot 0,292^{2,4} + 3,3 \cdot 0,292^{3,4}) [2,8(1 - 0,292)^2]^{-1} \approx 0,0564$ мин = 3,385 с $< t_{\text{ож.доп}}$.

Таким образом, ЕДДС не удовлетворяет требованиям по вероятности отказа в приеме сообщения и по немедленному приему сообщения диспетчером.

Б4.3. При исходных данных, как в предыдущем примере, для совершенствования ЕДДС принято решение увеличить на единицу число ЛС, т. е. $L = 7$. Тогда: $v = 2,4$; $\Lambda = 0,95 \cdot 7 = 6,65$; $m = 6,65 - 2,4 = 4,25$; $\Gamma(3,4) \approx 2,8$; $\alpha = 0,7$; $\rho = 0,292 < \rho_{\text{доп}}$; $S(2,4) \approx 1,983$.

По выражениям (Б2.4)–(Б2.8) получаем: $p_0 = \{1,983 + 0,7^{2,4} \cdot 0,292(1 - 0,292^{4,25}) [2,8(1 - 0,292)]^{-1}\} \approx 0,489$; $p_{\text{отк}} = 0,489 \cdot 0,7^{2,4} \cdot 0,292^{4,25}/2,8 \approx 0,307 \cdot 10^{-3} < p_{\text{отк.доп}}$; $p_n = 0,489(1,983 - 0,7^{2,4}/2,8) \approx 0,895 < p_{\text{н.доп}}$; $t_{\text{ож}} = 1,58 \cdot 0,489 \cdot 0,7^{2,4} \cdot 0,292(1 - 5,25 \cdot 0,292^{2,4} + 4,25 \cdot 0,292^{3,4}) [2,8(1 - 0,292)^2]^{-1} \approx 0,054$ мин = 3,242 с $< t_{\text{ож.доп}}$.

Таким образом, ЕДДС не удовлетворяет требованиям по вероятности немедленного приема сообщения диспетчером.

Б4.4. При исходных данных, как в п. Б4.2, для совершенствования ЕДДС принято решение увеличить на единицу число АРМ, т. е. $n=4$. Тогда: $v = 3,2$; $L = 6$; $\Lambda = 5,7$; $m = 5,7 - 3,2 = 2,5$; $\Gamma(4,2) \approx 8,0$; $\alpha = 0,7$; $\rho = 0,7/3,2 \approx 0,219 < \rho_{\text{доп}}$; $S(3,2) \approx 2,005$.

По выражениям (Б2.4)–(Б2.8) получаем: $p_0 = \{2,005 + 0,7^{3,2} \cdot 0,219(1 - 0,219^{2,5}) [8,0(1 - 0,219)]^{-1}\} \approx 0,496$; $p_{\text{отк}} = 0,496 \cdot 0,7^{3,2} \cdot 0,219^{2,5}/8,0 \approx 0,444 \cdot 10^{-3} < p_{\text{отк.доп}}$; $p_n = 0,496(2,005 - 0,7^{3,2}/8,0) \approx 0,975 > p_{\text{н.доп}}$; $t_{\text{ож}} = 1,58 \cdot 0,496 \cdot 0,7^{3,2} \cdot 0,219(1 - 3,5 \cdot 0,219^{3,2} + 2,5 \cdot 0,219^{4,2}) [8,0(1 - 0,219)^2]^{-1} \approx 0,011$ мин = 0,657 с $< t_{\text{ож.доп}}$.

Таким образом, ЕДДС удовлетворяет предъявляемым требованиям.