

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ КАДРОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЗАЦИИ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ЗАЯВОК

**С.П. Насельский, кандидат технических наук, профессор.
Московский государственный гуманитарный университет
им. М.А. Шолохова.**

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

А.П. Нодь.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен подход по определению рационального числа сотрудников различных организаций по обслуживанию заявок (медицинские учреждения, call-центры, службы по обслуживанию населения и др.) в оперативном режиме. Подход основывается на прозрачных критериях (минимум отказов и максимум прибыли), использует статистические данные о поступлении заявок, может использоваться широким кругом специалистов и проиллюстрирован на примере.

Ключевые слова: обслуживание заявок, отказ в обслуживании, прибыль

PROBLEM OF OPTIMIZATION OF PERSONNEL STRUCTURE ORGANIZATIONS FOR SERVICE OF DEMANDS

S.P. Naselsky. Moscow state humanities university of M.A. Sholokhov.

A.A. Tarantsev; A.P. Nod'.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Approach by definition of a rational number of staff of various organizations for service of demands (medical institutions, the call-centers, services on service of the population, etc.) in the operational mode is considered. Approach is based on transparent criteria (a minimum of refusals and a maximum of profit), uses statistical data on receipt of demands, can be used by a wide range of experts and is illustrated on an example.

Keywords: service of demands, refusal in service, profit

Задача нахождения рационального количества сотрудников организаций (фирм, call-центров, дежурно-диспетчерских служб и др.) традиционно является актуальной [1]. Она может проявиться особенно остро в период чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера, эпидемий и других неблагоприятных событий. От количественного состава дежурных смен зависит оперативность приёма посетителей, сообщений, сигналов и т.п. и, как следствие, эффективность решения возникающих проблем.

Данная задача может решаться с использованием методов теории массового обслуживания [2–4]. Тем не менее в данной работе представляется целесообразным рассмотреть ещё один подход к оптимизации кадрового состава организации, когда известна закономерность обращения в неё клиентов и экономические особенности их обслуживания.

В общем случае задача может быть сформулирована следующим образом. Имеется система массового обслуживания (СМО), куда случайным образом приходят заявки и известен дискретный закон их распределения $\{p, n\}$ (рис. 1). Известно также, что каждая заявка приносит доход C_k , за нормативный период времени СМО может обслужить m заявок,

а на обслуживание одной заявки расходуются средства в размере C_n . Величина C_n в свою очередь может быть оценена из выражения:

$$C_n = C_c k_t^{-1}, \quad (1)$$

где C_c – среднесуточное содержание одного сотрудника (зарплата, налоги, коммунальные расходы и др.); k_t – его производительность как отношение продолжительности нормативного периода (например, рабочего дня) T к среднему времени обслуживания заявки Δt ($k_t = T/\Delta t$).

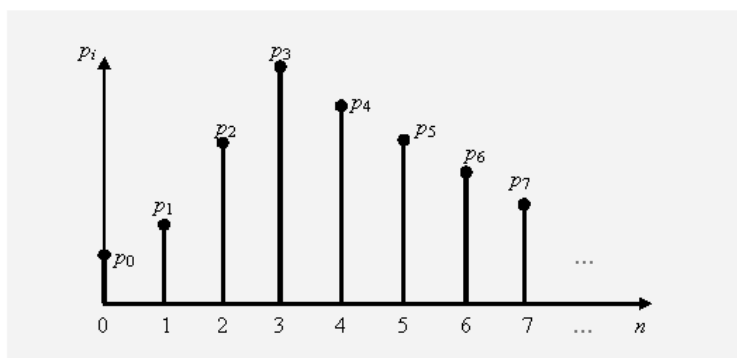


Рис. 1. Распределение вероятностей поступления заявок (p_i – вероятность того, что за нормативный период времени придёт ровно i заявок)

Требуется найти такое число m обслуживаемых заявок за нормативный период (или сотрудников $N = m\Delta t/T$), чтобы, с одной стороны, была как можно меньшая вероятность отказа $p_{отк}$ в приёме заявки, а с другой – как можно большая разница между доходами и расходами. Другими словами, задача двухкритериальная:

$$\begin{cases} p_{отк} \rightarrow \min, \\ C_{приб} = C_{дох} - NC_c \rightarrow \max, \end{cases} \quad (2)$$

$$(3)$$

где $C_{дох}$ – доходы СМО за нормативный период.

Возможно также ограничение на вероятность отказа (например, негативный социальный эффект или потеря имиджа фирмы, когда клиенты начнут обращаться в другие фирмы):

$$p_{отк} < p_{доп}. \quad (4)$$

Величина $C_{дох}$ может быть оценена по выражению:

$$C_{дох} = C_k \sum_{i=1}^m i q_i, \quad (5)$$

где $q_i = 1 - \sum_{j=0}^{i-1} p_j$ – вероятность обслуживания i заявок (например: $q_1 = 1 - p_0$; $q_2 = 1 - p_0 - p_1$; ...).

Вероятность отказа в обслуживании заявки (например, все m мест в очереди заняты) может быть оценена по выражению:

$$p_{отк} = 1 - \sum_{i=0}^m p_i. \quad (6)$$

Задаваясь величиной m (или N), можно построить совмещённый график $(C_{\text{дох}}, NC_c, p_{\text{отк}})=f(m)$ (рис. 2) или соответствующую таблицу. Этот график (таблицу) можно представить в виде обобщённого графика (таблицы) $C_{\text{приб}}(p_{\text{отк}})$ (рис. 3). Функция $C_{\text{приб}}(p_{\text{отк}})$ выпуклая и имеет максимум, восходящую и нисходящую ветви. Очевидно, Парето-оптимальными [5] будут решения на восходящей ветви до выполнения условия (4) (рис. 3).

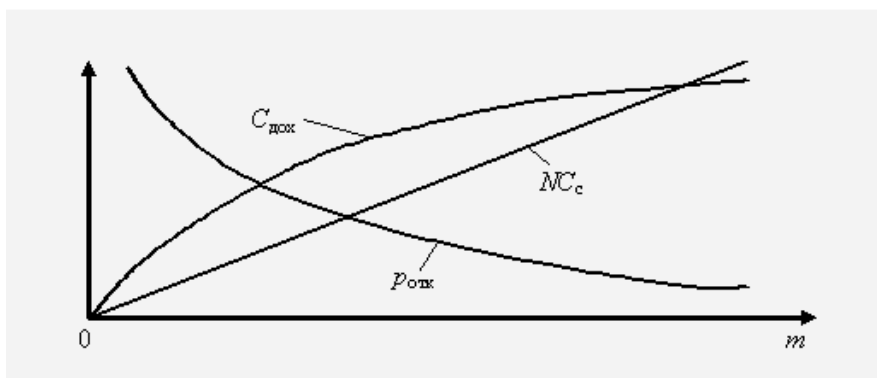


Рис. 2. Совмещённый график доходов, расходов и вероятности отказа

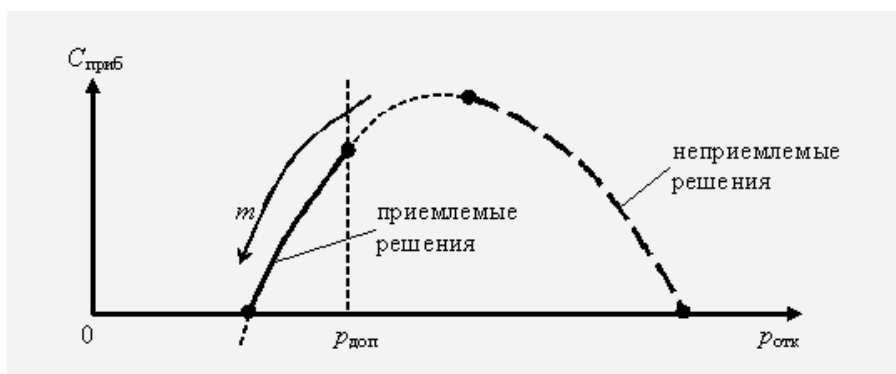


Рис. 3. График выбора Парето-оптимальных решений

Данный подход целесообразно рассмотреть на примерах.

1. СМО – учреждение, куда в экстренных случаях обращаются граждане. Известно, что поступление обращений случайно и подчиняется закону Пуассона [5]:

$$p_i = z^i \cdot \exp(-z) / i!, \quad i=0, 1, 2, 3 \dots, \quad (7)$$

с параметром $z=12,5$ (например, когда $T=10$ ч, а обращения поступают в среднем каждые 48 мин). Требуется определить рациональное количество сотрудников N , если $k_t=8$, а допустимая вероятность отказа в приёме обратившегося $p_{\text{доп}}=0,1\%$ [6].

Это требование соответствует условию (4). Выражение (6) с учётом (7) преобразуем к виду:

$$p_{\text{отк}}(m) = 1 - \sum_{i=0}^m 12,5^i \cdot \exp(-12,5) / i! \quad (8)$$

и, варьируя величину m , находим $p_{\text{отк}}(19) \approx 0,0009$. Следовательно, при $m \geq 19$ будет выполняться условие (4): $p_{\text{отк}} < 0,001$. Необходимое число сотрудников найдём по выражению: $N = \Pi(m/k_t) + 1 = \Pi(19/8) + 1 = 3$. Здесь $\Pi(x)$ – целая часть числа x . Для проверки воспользуемся выражением (8):

$$p_{\text{отк}} = 1 - \sum_{i=0}^{3 \cdot 8} 12,5^i \cdot \exp(-12,5) / i! = 4,703 \cdot 10^{-5}.$$

Таким образом, при трёх сотрудниках учреждение будет справляться с ежедневным обращением граждан.

2. СМО – медицинское учреждение, куда обращаются пациенты на возмездной основе, например, по полисам обязательного медицинского страхования. Требуется определить рациональное количество врачей $N_{\text{опт}}$ для следующих исходных данных: $C_k=20$ у.е., $C_c=150$ у.е., $k_t=8$, пациенты относятся к одной группе, их поступление также подчиняется закону (7).

Результаты моделирования по выражениям (1–8) приведены в табл. 1 и на рис. 4. Из них следует, что Парето-оптимальными являются варианты при $N=2$, $N=3$ и $N=4$. Наилучшим по критерию (3) $C_{\text{приб}} \rightarrow \max$ является вариант при $N=2$ (выделен жирным шрифтом), но при этом весьма значительна вероятность отказа в приёме пациентов – $p_{\text{отк}}=2,7\%$. Если же допустимая вероятность отказа не более $p_{\text{доп}}=0,1\%$ ($p_{\text{отк}} \leq 0,001$), то приемлемые варианты только те, когда число врачей $N=3$ или $N=4$.

Было также проведено нахождение величин $N_{\text{опт}}$ по критерию $C_{\text{приб}} \rightarrow \max$ при различных значениях C_k , C_c и k_t – результаты приведены в табл. 2. Интересно отметить, что существуют минимальные уровни дохода от пациентов. Например, если специалист принимает в день 10 человек ($k_t=10$), то при $C_c=100$ у.е. $C_{\text{кmin}}=3$ у.е.; при $C_c=150$ у.е. $C_{\text{кmin}}=4$ у.е.; при $C_c=200$ у.е. $C_{\text{кmin}}=5$ у.е.

Следует отметить, что в случае чрезвычайной ситуации для нахождения рационального количества сотрудников организации для нахождения рациональной величины N будет характерен только критерий (2) или ограничение (4), поскольку ни о какой коммерческой выгоде речи быть не может.

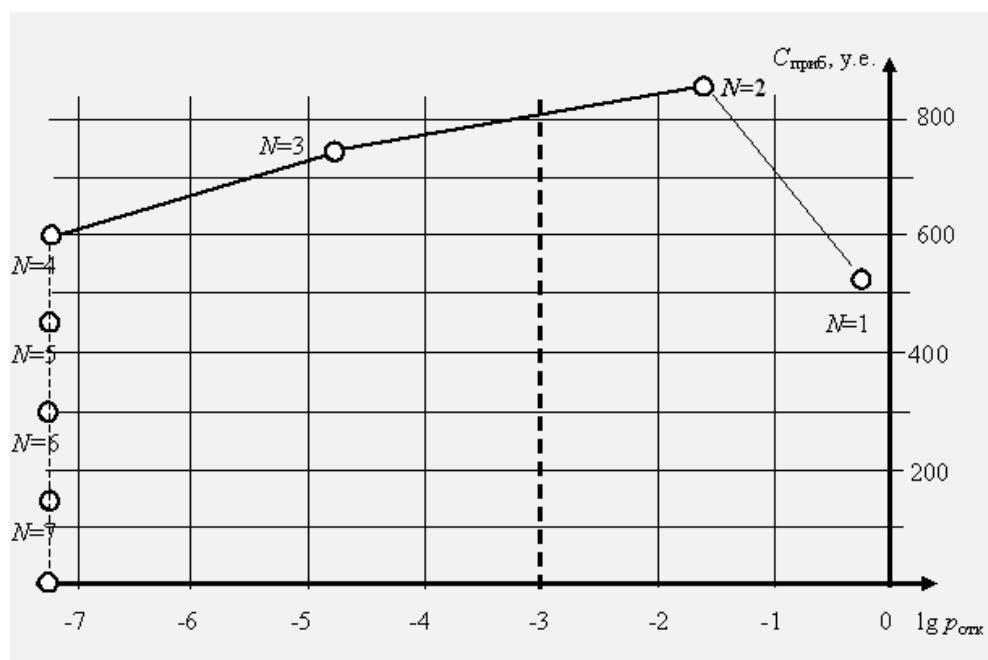


Рис. 4. Номограмма «прибыль – вероятность отказа в приёме клиента» по данным табл. 1

Таким образом, имея статистические данные об обращении клиентов в обслуживающую организацию, а также сведения о расходах на содержание её сотрудников, их производительности и доходах от обращений клиентов, можно находить рациональное число сотрудников, удовлетворяющее определённым условиям. Данный подход может быть применён и для случаев разнородных обращений (например, пациентов с различными заболеваниями, когда в поликлинике необходимо наличие врачей разного профиля – терапевтов, хирургов, эндокринологов и т.п.), что потребует некоторой доработки метода.

Таблица 1

N	$C_{\text{дох}}, \text{ у.е.}$	$C_{\text{расх}}=NC_c, \text{ у.е.}$	$C_{\text{приб}}, \text{ у.е.}$	$p_{\text{отк}}$	$\lg p_{\text{отк}}$	Примечание
1	655	150	505	0,6672	-0,176	$p_{\text{отк}} > 10^{-3}$
2	1180	300	880	0,0270	-1,568	$p_{\text{отк}} > 10^{-3}$
3	1200	450	750	$4,703 \cdot 10^{-5}$	-4,328	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$
4	1200	600	600	$5,960 \cdot 10^{-8}$	-7,225	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$
5	1200	750	450	$5,960 \cdot 10^{-8}$	-7,225	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$
6	1200	900	300	$5,960 \cdot 10^{-8}$	-7,225	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$
7	1200	1050	150	$5,960 \cdot 10^{-8}$	-7,225	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$
8	1200	1200	0	$5,960 \cdot 10^{-8}$	-7,225	$p_{\text{отк}} < 10^{-3}$

Примечание: жирным шрифтом выделено оптимальное число сотрудников по критерию (3)

Таблица 2

$C_c=100 \text{ у.е.}$					$C_c=150 \text{ у.е.}$					$C_c=200 \text{ у.е.}$													
k_t	$C_k, \text{ у.е.}$	$N_{\text{опт}}$	$C_{\text{приб}}, \text{ у.е.}$	$p_{\text{отк}}, \%$	k_t	$C_k, \text{ у.е.}$	$N_{\text{опт}}$	$C_{\text{приб}}, \text{ у.е.}$	$p_{\text{отк}}, \%$	k_t	$C_k, \text{ у.е.}$	$N_{\text{опт}}$	$C_{\text{приб}}, \text{ у.е.}$	$p_{\text{отк}}, \%$									
5	7	2	109,1	41,7	5	11	3	190,6	4,8	5	14	2	218,1	41,7									
	10	3	282,4	4,8											20	3	714,7	4,8	20	3	564,7	4,8	
	20	3	864,7	4,8											30	3	1297	4,8	30	3	1147	4,8	
	30	3	1447	4,8																			
8	5	1	13,64	66,7	8	4	2	36,07	2,7	8	7	7	29,09	66,7									
	10	2	290,2	2,7											10	2	290,2	2,7	10	10	190,2	2,7	
	20	2	880,3	2,7											20	2	980,3	2,7	20	20	780,3	2,7	
	30	2	1471	2,7											30	2	1571	2,7	30	30	1371	2,7	
10	3	1	32,46	41,7	10	4	1	26,6	41,7	10	5	5	20,77	41,7									
	10	2	399,4	0,16											10	10	2	299,4	0,16	10	10	241,5	41,7
	20	2	998,8	0,16											20	2	898,8	0,16	20	20	798,8	0,16	
	30	2	1598	0,16											30	2	1498	0,16	30	30	1398	0,16	

Литература

1. Насельский С.П., Таранцев А.А. Социологические аспекты оптимизации прибыли медицинского коммерческого учреждения // Математическое моделирование и информатика социальных процессов: сб. тр. 2015. Вып. 17.
2. Насельский С.П., Таранцев А.А., Эрьюжев М.В. Методы теории массового обслуживания в задачах управления в экономике: учеб. М.: Изд-во МГОПУ им. М.А. Шолохова, 2003.
3. Таранцев А.А. Инженерные методы теории массового обслуживания. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Наука, 2007.
4. Методика определения числа диспетчеров и линий связи дежурно-диспетчерских служб: свод правил (проект) // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 8. С. 69–85.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972.
6. РД 45.120-2000 (НТП 112-2000) Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети // Бесплатная библиотека стандартов и нормативов. URL: <http://www.docload.ru> (дата обращения: 25.05.2015).