

О методике обоснования рационального варианта распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий

ISSN 1996-8493

© Технологии гражданской безопасности, 2023

Т.М. Хидирлясов, А.В. Рыбаков, Е.В. Иванов, П.П. Петренко, Г.А. Шарипов

Аннотация

В статье сформулировано обоснование рационального варианта решения задачи распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий.

Авторами изложен алгоритм решения оптимизационной задачи, основанный на методах теории массового обслуживания, приведен расчетный пример решения сформулированной задачи.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы; МЧС России; разрушение зданий; распределение ресурсов; система массового обслуживания.

On the Methodology for Substantiating Rational Option for the Distribution of Civil Defense Forces for Emergency Rescue Operations During the Destruction of Buildings

ISSN 1996-8493

© Civil Security Technology, 2023

T. Khidirlyasov, A. Rybakov, E. Ivanov, P. Petrenko, G. Sharipov

Abstract

The article provides grounds for the rational solution to the problem of the civil defense forces distribution for emergency rescue operations in case of buildings destruction.

The authors describe algorithm for solving optimization problem based on the methods of queuing theory, and provide estimated example of solving the formulated problem.

Key words: emergency rescue operations; Emercom of Russia; destruction of buildings; resource allocation; queuing system.

10.09.2023

Введение

Несмотря на принимаемые международным сообществом меры, чрезвычайные ситуации (ЧС) все еще остаются одной из основных причин многочисленных человеческих жертв и материального ущерба [1]. Изменяющиеся средства и способы обеспечения защиты населения в чрезвычайных ситуациях за счет внедрения новых технологий на протяжении последних лет претерпевают значительные изменения [2].

В конечном итоге целью внедрения всех новых технологий является минимизация (исключение) времени воздействия на людей поражающих факторов чрезвычайных ситуаций [3]. С этой точки зрения, успешное выполнение задач защиты населения должно достигаться, в том числе, за счет рационального распределения группировки, привлекаемой к выполнению работ по ликвидации чрезвычайной ситуации.

Особую актуальность решение задачи распределения сил приобретает в случае, если ресурсы ограничены, или для случаев, когда возникают значительные по площади либо территориально распределенные зоны ЧС. Примером является чрезвычайное гуманитарное реагирование на землетрясение в Турции в 2023 году [4], когда остро встала проблема выполнения задач по извлечению пострадавших из завалов зданий в минимальные сроки, обусловленные максимальным временем выживания пострадавших в завалах.

Постановка задачи

Эффективность процесса проведения аварийно-спасательных работ (АСР) определяется по методике, предложенной в работе [5], и оценивается как произведение весовых коэффициентов объектов на отношение количества задействованных трудовых ресурсов к требуемому количеству трудовых затрат.

В случае рассмотрения нескольких объектов проведения работ, предлагается оценивать эффективность как сумму средних значений показателя по числу отрезков времени, по которым осуществляется оценка эффективности для всех объектов работ по формуле:

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{t_{c_i}=t_{x_i}}^{t_{m_i}} \frac{W_{c_i}}{W_{l_i}}}{m_i} \right)}{n}, \quad (1)$$

где:

W_{c_i} — значение трудозатрат, задействованных на i -ом объекте, $i = \overline{1, n}$, чел.час;

W_{l_i} — значение требуемых трудозатрат на i -ом объекте $i = \overline{1, n}$, чел.час;

m — число отрезков времени, по которым определяется эффективность на i -ом объекте, $i = \overline{1, n}$;

t_{mi} — время окончания проведения работ на i -ом объекте;

n — количество объектов.

В статье процесс распределения сил для проведения АСР рассматривается как система массового обслуживания, где обрабатываются однотипные заявки, которыми являются объекты проведения работ. Количество каналов в этой системе трактуется как количество спасательных звеньев в составе сил гражданской обороны (ГО). Задачу диспетчера по упорядочиванию очереди заявок и распределению каналов осуществляет орган управления ГО.

По существу метод на основе системы массового обслуживания предполагает наличие определенного набора процедур и алгоритмов, которые позволяют эффективно распределять имеющиеся ресурсы за счет упорядочивания очереди заявок, поступающих в систему [6].

Введем следующие обозначения:

$O = \{o_1, o_2, \dots, o_N\}$ — множество объектов проведения работ (заявки);

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$ — множество спасательных звеньев (каналов обслуживания).

Тогда, учитывая, что в качестве целевой функции рассмотрен показатель эффективности, задача определения рационального варианта распределения сил сводится к приведению этого показателя к максимуму.

Для оценки прироста эффективности проведения работ предлагается вычислить разницу между значениями коэффициента эффективности для предлагаемого подхода распределения сил ГО и существующего подхода:

$$\Delta K_r(\alpha) = K_r(\alpha) - K_r(\alpha_0) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где:

K_r — значение коэффициента эффективности проведения АСР;

α_0 — изначальный вариант распределения сил;

α — рациональный вариант распределения сил, обеспечивающий максимизацию коэффициента эффективности проведения АСР.

При этом необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Численность спасательных звеньев (каналов обслуживания) ограничена численностью сил, находящихся в распоряжении Руководителя ГО.

2. Площадь объекта проведения работ ограничивает количество одновременно работающих спасательных звеньев (каналов обслуживания, которые могут быть задействованы одновременно).

3. Время проведения АСР (время обслуживания заявки) ограничено временем выживания пострадавших в завале [7].

4. Спасательные звенья, проводящие АСР на объекте (каналы, обслуживающие заявку), не могут быть перенаправлены на другие объекты (другие заявки) до завершения работ на текущем объекте (до завершения обслуживания текущей заявки).

5. АСР считаются завершенными (заявка считается обслуженной), если отсутствуют выжившие в завалах здания;

6. Количество упорядочивания объектов работ в очереди определяется количеством объектов проведения работ (количеством заявок) и количеством эшелонов;

7. Отношение задействованных ресурсов к требуемым на каждом объекте меньше либо равно 1 ($\frac{W_{c_i}}{W_{n_i}} \leq 1$).

Решение задачи

Последовательность действий, позволяющих руководителю ГО решить задачу распределения имеющихся сил ГО, состоит из следующих основных этапов:

1. Сбор и регистрация объектов. Агрегируются данные о количестве разрушенных объектов, уточняются данные о силах на территории субъекта.

2. Оценка объектов. Проводятся оперативные расчеты по определению следующих показателей:

$S_{зав}$ — площадь завала (m^2) [8];

$h_{зав}$ — высота завала (м) [8];

N — количество пострадавших, которых можно спасти (чел.) [5];

W_x — значения требуемых трудозатрат для извлечения одного пострадавшего (чел.час) [5].

3. Упорядочивание очереди. Выстраивается очередность объектов для проведения АСР в соответствии с относительным приоритетом, указанных в табл. 1.

Таблица 1
Приоритизация объектов работ

№ заявки	1	2	3	4
μ_i	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
β_i	β_1	β_2	β_3	β_4
$\mu_i(1-\beta_i)$	$\mu_1(1-\beta_1)$	$\mu_2(1-\beta_2)$	$\mu_3(1-\beta_3)$	$\mu_4(1-\beta_4)$
Очередность обслуживания	O_1	O_2	O_3	O_4

где:

μ_i — коэффициент сложности спасения, характеризующий относительную сложность спасения одного пострадавшего на i -ом объекте;

i — число объектов проведения АСР;

β_i — весовой коэффициент, характеризующий количество пострадавших на i -ом объекте.

Коэффициент сложности спасения определяется по формуле:

$$\mu_i = \frac{W_{x_i}}{\sum_1^i W_{x_i}}, \quad (3)$$

где W_{x_i} — значение требуемых трудозатрат для извлечения одного пострадавшего в завале i -го здания, чел.час.

Расчет значений требуемых трудозатрат для спасения одного пострадавшего осуществляется по формуле:

$$W_{x_i} = \frac{W_i}{N_i}, \quad (4)$$

где N_i — количество пострадавших, которых можно спасти в завале i -го здания, чел.

Весовой коэффициент определяется по формуле:

$$\beta_i = \frac{N_{завi}}{\sum_{i=1}^n N_{завi}}, \quad (5)$$

где $N_{завi}$ — количество пострадавших в завале i -го объекта, чел.

4. Распределение ресурсов. Спасательные звенья распределяются (r) по объектам проведения работ в соответствии с коэффициентом приоритета. Количество спасательных звеньев, которые могут быть задействованы на объекте, ограничивается площадью завала, где возможно одновременное выполнение работ. Рабочая площадь для одного спасательного звена (S), состоящего из 7 спасателей принимается: для кирпичного здания — $28 m^2$ и $20 m^2$ — для панельного здания [9].

5. Формирование группировки. Для формирования группировки сил после направления максимально доступного количества ресурсов на первый объект силы направляются на второй объект согласно установленным приоритетам и ограничениям. Таким образом итерационно решается задача формирования рационального варианта распределения сил до момента, когда на всех объектах работы завершены, либо все подразделения (звенья) распределены по объектам работ.

6. Перераспределение ресурсов. По завершении работ на определенном объекте или формировании последующего эшелона может возникнуть наличие свободных спасательных звеньев, которые требуется распределить. С этой целью необходимо повторять процессы, указанные в этапах №№ 3–5, до тех пор, пока не будут завершены работы на всех объектах. Схематично алгоритм представлен на рис. 1.

Пример

В качестве примера рассмотрим следующий сценарий: в результате удара обычными средствами поражения потенциальным противником четыре жилых здания получили полную степень разрушения. Удар нанесен в 10 часов дня. Метеоусловия: скорость ветра — $5 m/s$ при температуре $15^\circ C$. Исходными данными являются: характеристики зданий, указанные в табл. 2; общая численность сил ГО, предназначенных для проведения АСР, составляет 784 человека. Силы привлекаются эшелонами: прибытие I эшелона (56 человек) — через 1 час; II эшелона (112 человек) — через 7 часов; III эшелона (256 человек) — через 13 часов.

Решение примера

Осуществляем сбор данных об объектах.

Согласно методикам [5; 8; 10] рассчитали показатели, необходимые для принятия решения по рациональному распределению сил.

Выстраиваем очередность проведения АСР в соответствии с относительным приоритетом.

По формулам (5–7) определили значения показателей, позволяющих упорядочить очередь объектов для проведения АСР, полученные данные вносим в табл. 4.

Распределение сил. Численность сил ГО первого эшелона составляет 8 спасательных звеньев (56 человек). Согласно расчетам наиболее приоритетным для выполнения АСР (наименьшее значение коэффициента приоритета) является объект № 1 (кирпичное 7-этажное

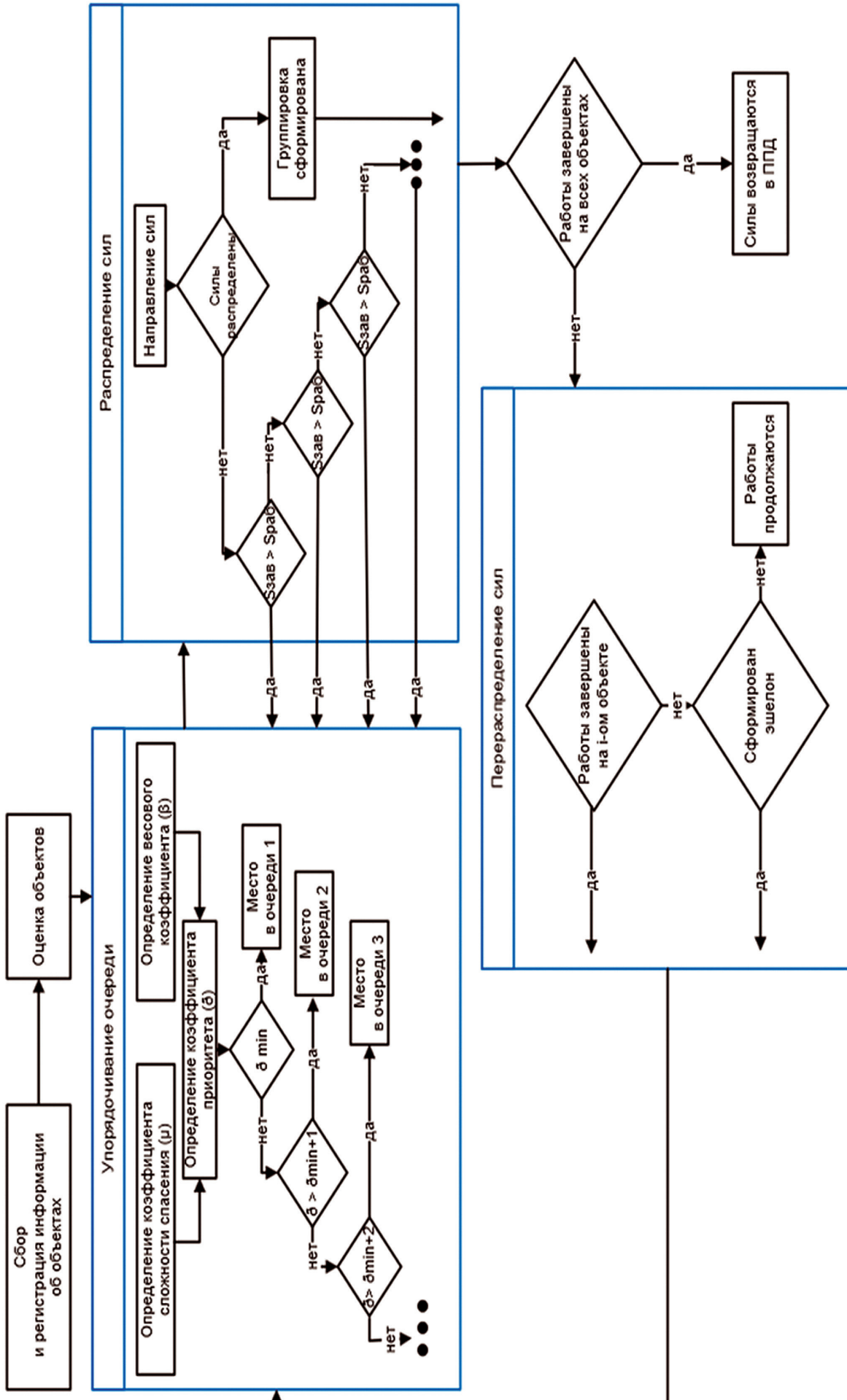


Рис. 1. Схема распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ

Таблица 2

Характеристика зданий

№ зд.	Высота здания Н, м	Длина здания А, м	Ширина здания В, м	Структура здания	Количество этажей	Количество зарегистрированных жильцов L, чел.
1	20	15	20	Кирпичная	7	100
2	29,5	20	20	Кирпичная	9	150
3	20	15	20	Панельная	7	100
4	29,5	20	20	Панельная	9	150

Таблица 3

Результаты расчетов основных показателей

Номер здания	1	2	3	4
W_{ni} (чел.час)	1224	1598	2586	5564
N_i (чел)	28	42	28	42
$S_{зав}$ (м ²)	300	400	300	400
$h_{зав}$ (м)	5,1	6,7	6	7,8
W_{xi} (чел.час)	44	57	102	132

Таблица 4

Приоритизация объектов работ I

Номер заявки	1	2	3	4
μ_i	0,13	0,17	0,30	0,40
β_i	0,20	0,30	0,20	0,30
$\mu_i(1-\beta_i)$	0,10	0,12	0,24	0,28
Очередность обслуживания	1	2	3	4

здание). Распределяя силы, необходимо учитывать, что работы проводятся в 2 смены. Полученные данные вносим в табл. 5.

Таблица 5

Рациональное распределение сил I

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (t+1) (спасательное звено)	4	-	-	-	4
Итого	4	-	-	-	4
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	-
Задействованная площадь (м ²)	112	-	-	-	-
Площадь завала (м ²)	290	400	300	400	-

На этом этапе считаем, что распределение сил проведено, группировка сформирована.

Для момента, когда сформирован второй эшелон сил ГО, проводим распределение сил. Определяем приоритизацию объектов проведения работ с учетом изменения обстановки.

По формулам (5–7) определяем показатели, позволяющие упорядочить очередность объектов проведения АСР. Полученные данные вносим в табл. 6.

Распределение сил. Численность сил ГО второго эшелона составляет 16 спасательных звеньев (112 человек). Согласно расчетам объект № 1 наиболее приоритетным для проведения АСР является, т.к. площадь завала не позволяет направить на этот объект

Таблица 6

Приоритизация объектов работ II

Номер объекта	1	2	3	4
μ_i	0,13	0,17	0,30	0,40
β_i	0,16	0,31	0,21	0,31
$\mu_i(1-\beta_i)$	0,11	0,12	0,24	0,27
Очередность обслуживания	1	2	4	3

все имеющиеся силы. В связи с этим незадействованные силы направляются на следующий по приоритету объект в очереди (объект № 2). Полученные данные вносим в табл. 7.

Таблица 7

Рациональное распределение сил II

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (t+1) (спасательное звено)	4	-	-	-	4
II эшелон (t+7) (спасательное звено)	6	2	-	-	8
Итого	10	2	-	-	12
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	-
Задействованная площадь (м ²)	280	56	-	-	-
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	-

На этом этапе считаем, что распределение сил проведено, группировка сформирована.

Для сил третьего эшелона, осуществляем аналогичные расчеты, полученные результаты вносим в табл. 8.

Таблица 8

Приоритизация объектов работ III

Номер объекта	1	2	3	4
μ_i	0,13	0,17	0,30	0,40
β_i	0,01	0,35	0,25	0,38
$\mu_i(1-\beta_i)$	0,13	0,13	0,26	0,28
Очередность обслуживания	1,2	1,2	3	4

Распределение сил. Численность сил ГО третьего эшелона составляет 32 спасательных звена (256 человек). Согласно расчетам наиболее приоритетным объектом для проведения АСР являются объекты №№ 1, 2, т.к. площадь завалов не позволяет нарастить группировку на этих объектах в полном объеме, оставшиеся

силы направляются на следующий по приоритету объект в очереди (объект № 3). Полученные данные вносим в табл. 9.

Таблица 9
Рациональное распределение сил III

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	4	-	-	-	4
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	6	2	-	-	8
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	12	4	-	16
Итого	10	14	4	-	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	280	392	80	-	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

На этом этапе считаем, что распределение сил проведено, группировка сформирована.

На моменте (t+13) завершаются работы на объекте № 1, что позволяет перераспределить высвободившиеся ресурсы (всего 20 звеньев). По формулам (5–7) определяем показатели, позволяющие выстроить очередь обслуживания объектов проведения АСР. Полученные данные вносим в табл. 10.

Таблица 10

Приоритизация объектов работ IV

Номер объекта	1	2	3	4
μ_i	-	0,19	0,35	0,45
β_i	-	0,275	0,275	0,45
$\mu_i(1-\beta_i)$	-	0,14	0,25	0,25
Очередность обслуживания	-	1	2,3	2,3

На объекте № 1 АСР проводила группировка, состоящая из 20 спасательных звеньев (140 человек). Согласно расчетам наиболее приоритетным объектом для проведения АСР является объект № 2, т.к. площадь завала не позволяет нарастить группировку, силы направляются на объекты №№ 3, 4. Полученные данные вносим в табл. 11.

Распределение сил проведено, группировка сформирована.

На моменте (t+23) завершаются работы на объекте № 2, высвободились ресурсы. Производим расчеты, аналогичные для объекта № 1, полученные данные вносим в табл. 12.

Распределение сил. На объекте № 2 АСР проводила группировка, состоящая из 14 спасательных звеньев (140 человек), высвободившиеся ресурсы направляются на наиболее приоритетный объект (объект № 4).

Освободившиеся силы распределены, группировка сформирована. АСР продолжают.

Завершены работы на объекте № 3 (t+29).

Таблица 11
Рациональное распределение сил IV

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	4	-	-	-	4
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	6	2	-	-	8
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	12	4	-	16
Завершение работ на объекте № 1 (t+14)	-	-	5	5	10
Итого	10	14	4	-	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	280	392	80	-	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

Таблица 12

Приоритизация объектов работ V

Номер объекта	1	2	3	4
μ_i	-	-	0,44	0,56
β_i	-	-	0,26	0,74
$\mu_i(1-\beta_i)$	-	-	0,32	0,15
Очередность обслуживания	-	-	2	1

Таблица 13

Рациональное распределение сил V

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	-	-	-	-	-
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	-	2	-	-	-
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	12	4	-	4
Завершение работ на объекте № 1 (t+14)	-	-	5	5	10
Завершение работ на объекте № 2 (t+24)				14	14
Итого	-	-	9	19	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	-	392	180	380	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

На объект № 3 направить дополнительные спасательные звенья не представляется возможным ввиду ограничений на рабочую площадь. Считаем, что группировка сформирована.

Завершены работы на всех объектах (t+35).

Силы направляются в пункт постоянной дислокации.

По формуле (1) рассчитываем коэффициент эффективности проведения АСР:

$$K_r(\alpha) = \frac{0,218 + 0,1 + 0,108 + 0,087}{4} = 0,128. \quad (6)$$

Сам показатель представляет собой агрегированное значение, полученное как отношение суммы средних показателей эффективности для каждого отдельного объекта к общему количеству объектов работ.

Для определения прироста эффективности предлагаемого подхода необходимо найти $K_r(\alpha_0)$, т.е. эффективность проведения АСР при существующем подходе распределения сил, а именно при равномерном распределении сил ГО. В случае невозможности обеспечения равномерного распределения имеющихся ресурсов, избыточные ресурсы направляют на объект с наибольшим объемом работ. Результаты указаны в табл. 14–17.

Таблица 14

Равномерное распределение сил I

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	1	1	1	1	4
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	2	2	2	2	8
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	4	4	4	4	16
Итого	7	7	7	7	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	196	196	196	196	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

Таблица 15

Равномерное распределение сил II

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	4	-	-	-	4
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	6	2	-	-	8
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	12	4	-	16
Завершение работ на объекте № 1 (t+14)	-	-	5	5	10
Итого	10	14	4	-	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	280	392	80	-	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

$$K_r(\alpha_0) = \frac{0,122 + 0,081 + 0,081 + 0,079}{4} = 0,091. \quad (7)$$

Таким образом, с помощью уравнения (4) определяем величину численного прироста эффективности

Таблица 16

Равномерное распределение сил III

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	-	1	1	1	2
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	-	2	2	2	4
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	4	4	4	8
Завершение работ на объекте № 1 (t+14)	-	2	3	2	5
Завершение работ на объекте № 2 (t+24)			4	5	9
Итого	-	-	14	14	28
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	-	-	280	280	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

Таблица 17

Равномерное распределение сил IV

Номер заявки	1	2	3	4	Общая численность
I эшелон (спасательное звено) (t+1)	-	-	1	1	1
II эшелон (спасательное звено) (t+7)	-	-	2	2	2
III эшелон (спасательное звено) (t+13)	-	-	4	4	4
Завершение работ на объекте № 1 (t+14)	-	-	3	2	3
Завершение работ на объекте № 2 (t+25)	-	-	4	5	5
Завершение работ на объекте № 3 (t+28)				6	5
Итого	-	-	-	20	20
Необходимая площадь для работы одного спасательного звена (м ²)	28	28	20	20	
Задействованная площадь (м ²)	-	-	-	400	
Площадь завала (м ²)	300	400	300	400	

проведения АСР с использованием предлагаемого алгоритма системы массового обслуживания:

$$K_r(\alpha_0) = 0,128 - 0,091 = 0,037. \quad (8)$$

Использование теории систем массового обслуживания в качестве математического аппарата позволило обосновать рациональный вариант распределения сил ГО. Для рассматриваемого примера общее время проведения АСР сократилось на 5%, число спасенных увеличилось на 7%, при этом показатель эффективности проведения АСР вырос на 41%. Полученные результаты проведения АСР проиллюстрированы на рис. 2–5.

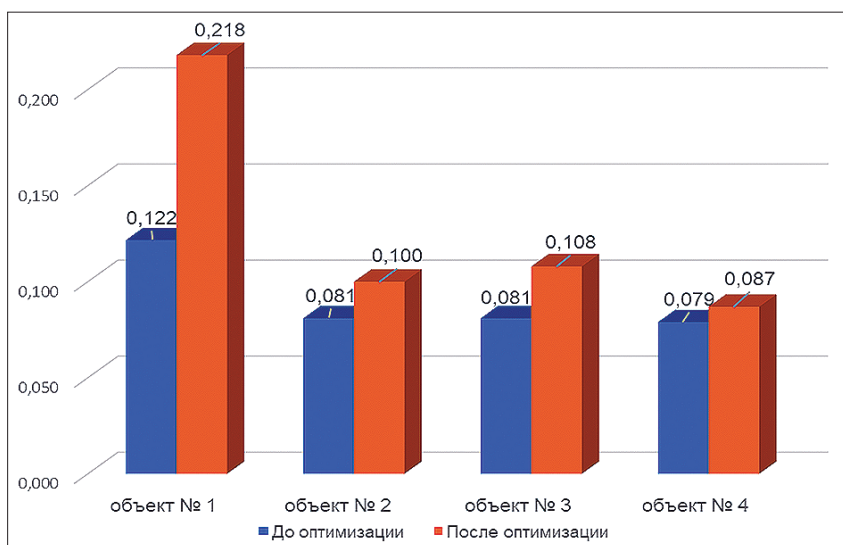


Рис. 2. Показатель эффективности проведения аварийно-спасательных работ на каждом объекте при различных вариантах распределения сил гражданской обороны

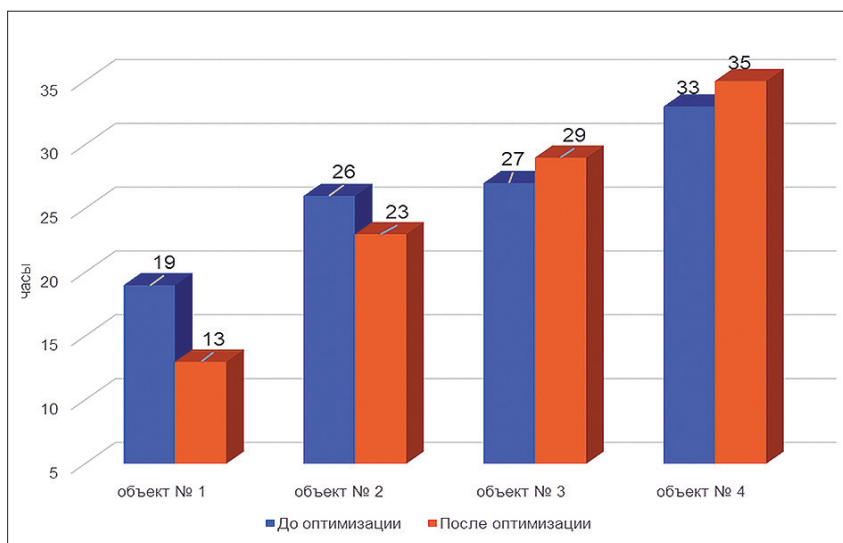


Рис. 3. Время проведения аварийно-спасательных работ на каждом объекте при различных вариантах распределения сил гражданской обороны

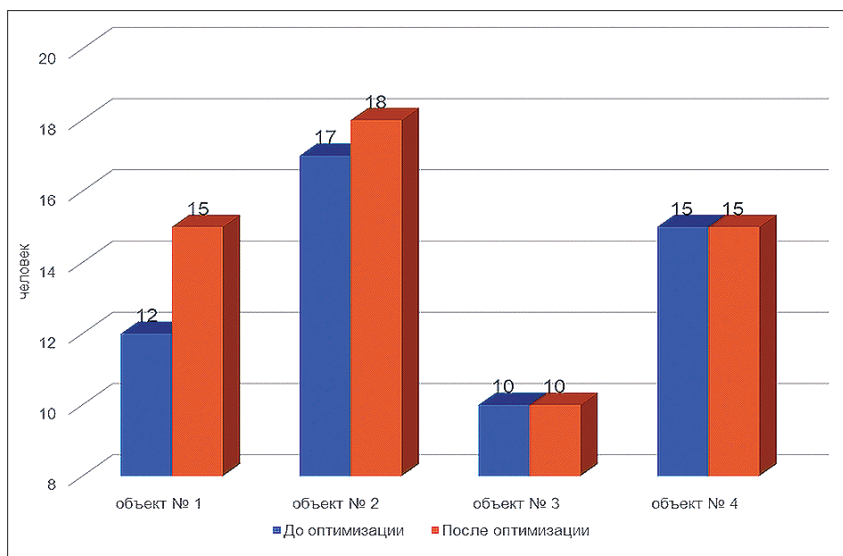


Рис. 4. Количество спасенных на каждом объекте при различных вариантах распределения сил гражданской обороны

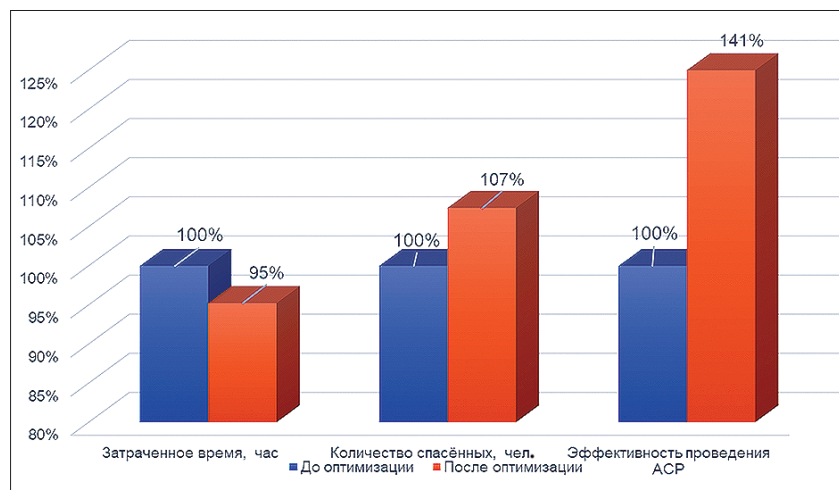


Рис. 5. Результаты проведения аварийно-спасательных работ при различных вариантах распределения сил гражданской обороны

Выводы

Сформулированная на основе методов теории массового обслуживания задача позволяет обосновать рациональный вариант распределения сил ГО при проведении АСР на нескольких участках работ. При этом учитываются следующие факторы: динамика выживания пострадавших в завалах, эшелонирование

группировки сил ГО, а также ограничения на количество находящихся на участке работ звеньев.

Необходимо отметить, что изложенный алгоритм может быть использован на стадии оценки обстановки при подготовке предложений в решение на проведение работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Кроме этого за счет применения алгоритма удастся не только максимизировать эффективность АСР, но и повысить достоверность принимаемых решений.

Литература

1. Зиллманн Дж., Кристенсен И., Хохрайнер-Стиглер С., Хуанг-Лахманн Дж., Юхола С., Корнхубер К., Махеча М., Мехлер Р., Райхштейн М., Руан, А.С., Швейцер, П.-Дж. And Williams, S. 2022. ISC-UNDRR-RISK KAN. Краткая записка о системном риске, Париж, Франция, Международный научный совет. <https://doi.org/10.24948/2022.01>.
2. Козулов К. В., Аксенов С. Г. К вопросу об особенностях проведения аварийно-спасательных работ // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник». 2022. № 8.
3. Туманов Ю. А., Узун О. Л. Анализ проблем обеспечения безопасности населения и территорий в чрезвычайных ситуациях и пути их решения // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2020. № 2 (47). С. 35–43.
4. Supartono, Basuki & Muftisany, Hafidz & Rudi, Muhamad. (2023). Early Earthquake Disaster Response Management: The BSMI Humanitarian Aid Experience in Turkey. Indonesian Red Crescent Humanitarian Journal. 2. 33–48.
5. Методический подход к формированию модели оценки эффективности проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий / А.В. Рыбаков, Е.В. Иванов, Т.М. Хидирлясов и др. // Технологии гражданской безопасности. 2023. Т. 20, № 2 (76). С. 57–66. EDN: QOAFMN.
6. Теория массового обслуживания: Учебное пособие / М.А. Плескунов; М-во науки и высшего образования РФ; Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. 264 с.
7. Формализованная постановка задачи по формированию рационального варианта распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий в условиях военного времени / Т.М. Хидирлясов, Е.В. Иванов, А.В. Рыбаков, Д.В. Мясников // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 3 (54). С. 64–70. EDN: NVZJCV.
8. Организация и технология ведения аварийно-спасательных работ при землетрясениях. Наставление. Ч. 2. М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2000. 204 с.
9. Формирование системы показателей для оценки эффективности проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий на основе результатов натурного эксперимента / А.В. Рыбаков, Е.В. Иванов, Т.М. Хидирлясов, П.П. Петренко // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2023. № 3 (58). С. 6–16. EDN: THPVKT.
10. Чумак С. П. Аварийно-спасательные работы в условиях разрушенных зданий. Особенности технологии, организации и управления / МЧС России; ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М.: ЗАО «ФИД «Деловой экспресс», 2010. 232 с.

Сведения об авторах

Хидирлясов Тарлан Мурадович: АГЗ МЧС России, адъюнкт науч.-исслед. центра. Химки, Россия. SPIN-код: 1391-9234.

Рыбаков Анатолий Валерьевич: д. т. н., проф., АГЗ МЧС России, проф. каф. высшей математики. Химки, Россия. SPIN-код: 8654-3788.

Иванов Евгений Вячеславович: к. т. н., АГЗ МЧС России, доц. каф. аварийно-спасат. работ. Химки, Россия. SPIN-код: 5470-1533.

Петренко Павел Павлович: АГЗ МЧС России, адъюнкт науч.-исслед. центра. Химки, Россия. SPIN-код: 2498-4885.

Шарипов Габит Аубакирович: к. т. н., доц., АГЗ МЧС России, адъюнкт науч.-исслед. центра. Химки, Россия. SPIN-код: 3714-8657.

Information about authors

Khidirlyasov Tarlan M.: Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Adjunct, Research Center.
Khimki, Russia.
SPIN-код: 1391-9234.

Rybakov Anatoly V.: ScD (Technical Sc.), Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Professor of the Department of Higher Mathematics.
Khimki, Russia.
SPIN-scientific: 8654-3788.

Ivanov Evgeny V.: PhD (Technical Sc.), Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Associate Professor of the Department of Emergency and Rescue Works.
Khimki, Russia.
SPIN-scientific: 5470-1533.

Petrenko Pavel P.: Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Adjunct, Research Center.
Khimki, Russia.
SPIN-код: 2498-4885.

Sharipov Gabit A.: PhD (Technical Sc.), Assistant Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Adjunct, Research Center.
Khimki, Russia.
SPIN-код: 3714-8657.