

Методический подход к формированию модели оценки эффективности проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.2.76

© Технологии гражданской безопасности, 2023

А.В. Рыбаков, Т.М. Хидирлясов, Е.В. Иванов, А.Д. Бюраев, В.Ю. Казаков

Аннотация

В статье приведена постановка задачи, связанной с разработкой модели оценки эффективности проведения аварийно-спасательных работ. Предложен алгоритм ее решения, который составляет основу модели, позволяющей оценить эффективность проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий. Сформулированы предложения по дальнейшим направлениям исследования в области повышения эффективности проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы; разрушение зданий; оценка эффективности; трудозатраты; чрезвычайные ситуации.

Methodological Approach to the Model Formation for Assessing the Effectiveness of Emergency Rescue Operations in the Buildings Destruction

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.2.76

© Civil Security Technology, 2023

A.V. Rybakov, T.M. Khidirlyasov, E.V. Ivanov, A.D. Buraev, V.Yu. Kazakov

Abstract

The article presents formulation of the problem associated with the model development for evaluating the effectiveness of emergency rescue operations. An algorithm for its solution is proposed, which forms the model basis allowing evaluating the effectiveness of emergency rescue operations during the destruction of buildings. Proposals are formulated for further research directions in the field of improving the efficiency of emergency rescue operations during the destruction of buildings.

Key words: emergency rescue operations; destruction of buildings; efficiency assessment; labor costs; emergencies.

03.05.2023

Введение

Катастрофические землетрясения в Армении (1988), Таджикистане (1985, 1989) и Турции (2023), а также военные конфликты в Сирии, Украине сопровождались массовыми разрушениями зданий, в результате которых под завалами оказались десятки тысяч человек, для спасения которых проводились аварийно-спасательных работы (АСР) с привлечением значительных ресурсов. Сам процесс проведения АСР является целенаправленной деятельностью, эффективность ее в большей степени определяется качеством решений, принимаемых органами управления.

Теория эффективности [1] учитывает три подхода к получению показателя эффективности процесса, характеризующих:

- ресурсоемкость (затраты);
- оперативность (время проведения работ);
- результативность (количество спасенных).

Первый подход предлагает оценку эффективности проведения АСР на основе экономической выгоды, учитывающей суммарные затраты использования всех видов ресурсов на выполнение спасательных работ, а также стоимость потерь от гибели людей. Недостатком этого подхода является то, что в определенных условиях затраты на проведение АСР могут превысить предотвращенный ущерб, в том числе связанный с гибелью людей. В таком случае эффективность проведения работ будет отрицательной.

Вторым подходом является метод «время-эффективность». Сущность этого метода соответствует предыдущему с той лишь разницей, что показатели стоимости заменены показателями времени выполнения работ. Показателем эффективности при этом подходе является результат, достигнутый за единицу времени. Однако такой подход позволяет оценить эффективность проведения работ только по их окончании и не учитывает динамику изменения обстановки в ходе проведения работ.

Исходя из того, что основной целью АСР является спасение жизни и сохранение здоровья пострадавших, логично оценивать эффективность исходя из результативности, количества спасенных. В то же время количество спасенных является величиной абсолютной, которая зависит как от факторов, связанных с возможностями сил, так и от условий на объекте проведения работ [2], что затрудняет объективную оценку при разных условиях.

Недостатки существующих подходов могут привести к необоснованным расчетам, что, в свою очередь, может стать причиной ошибочных решений и, как следствие, роста величины ущерба и количества жертв. В связи с этим возникла проблемная ситуация оценки эффективности проведения АСР при разрушении зданий в динамике изменения обстановки.

В настоящей работе предложен подход к оценке эффективности проведения АСР при разрушении зданий с учетом динамики на объекте проведения работ. Объектом проведения работ в рамках исследования является здание (сооружение), получившее повреждения. Показатель эффективности рассчитывается на основе отношения необходимых трудовых затрат и задействованных трудовых ресурсов в каждый момент времени.

Постановка задачи

Разрушение зданий сопровождается большим количеством пострадавших в завале, которых необходимо деблокировать в кратчайшие сроки. При этом часть пострадавших погибнет в момент разрушения зданий [4], а остальные — в течение нескольких суток [5]. С учетом того, что силы гражданской обороны (ГО), предназначенные для проведения АСР, ограничены, а работы необходимо проводить на нескольких объектах, одновременно приобретает актуальность вопрос оценки эффективности проведения АСР не только по окончании работ, но и в динамике изменения обстановки с целью перераспределения сил в ходе проведения этих работ.

Достоверная оценка эффективности проведения АСР требует учета факторов и условий, при которых проводятся эти работы [2].

Чтобы оценить эффективность, необходимо решить следующие задачи:

определить значения необходимых трудовых затрат для проведения АСР на каждом объекте с учетом факторов и условий. В работе под термином «необходимые трудовые затраты» понимается количество сил и время необходимое для выполнения АСР в определенные промежутки времени;

провести расчеты задействованных трудовых ресурсов для проведения АСР. В работе под термином «трудовые ресурсы» понимаются задействованные силы и время для выполнения АСР в определенные периоды времени при ведении работ;

оценить эффективность проведения АСР при разрушении зданий в динамике изменения обстановки.

Представленный алгоритм составляет основу модели оценки эффективности проведения АСР при разрушении зданий. Сама концептуальная модель оценки эффективности проведения АСР может быть изображена с помощью диаграммы типа IDEF0, использование которой позволяет представить структуру и функциональные процессы, необходимые для получения оценки эффективности проведения АСР. Диаграмма представлена на рис. 1.

Решение задачи

1. Определение значений необходимых трудовых затрат для проведения АСР с учетом факторов и условий на каждом объекте.

Для расчета необходимых трудовых затрат необходимо выполнить следующие операции:

определить количество пострадавших на каждом объекте проведения работ;

рассчитать необходимый объем работ, выполнение которых позволит извлечь пострадавших;

рассчитать количество трудовых затрат, необходимых для выполнения работ, с учетом условий на объектах проведения работ.

Операция определения количества пострадавших может быть декомпозирована на отдельные подзадачи, указанные на рис. 2.

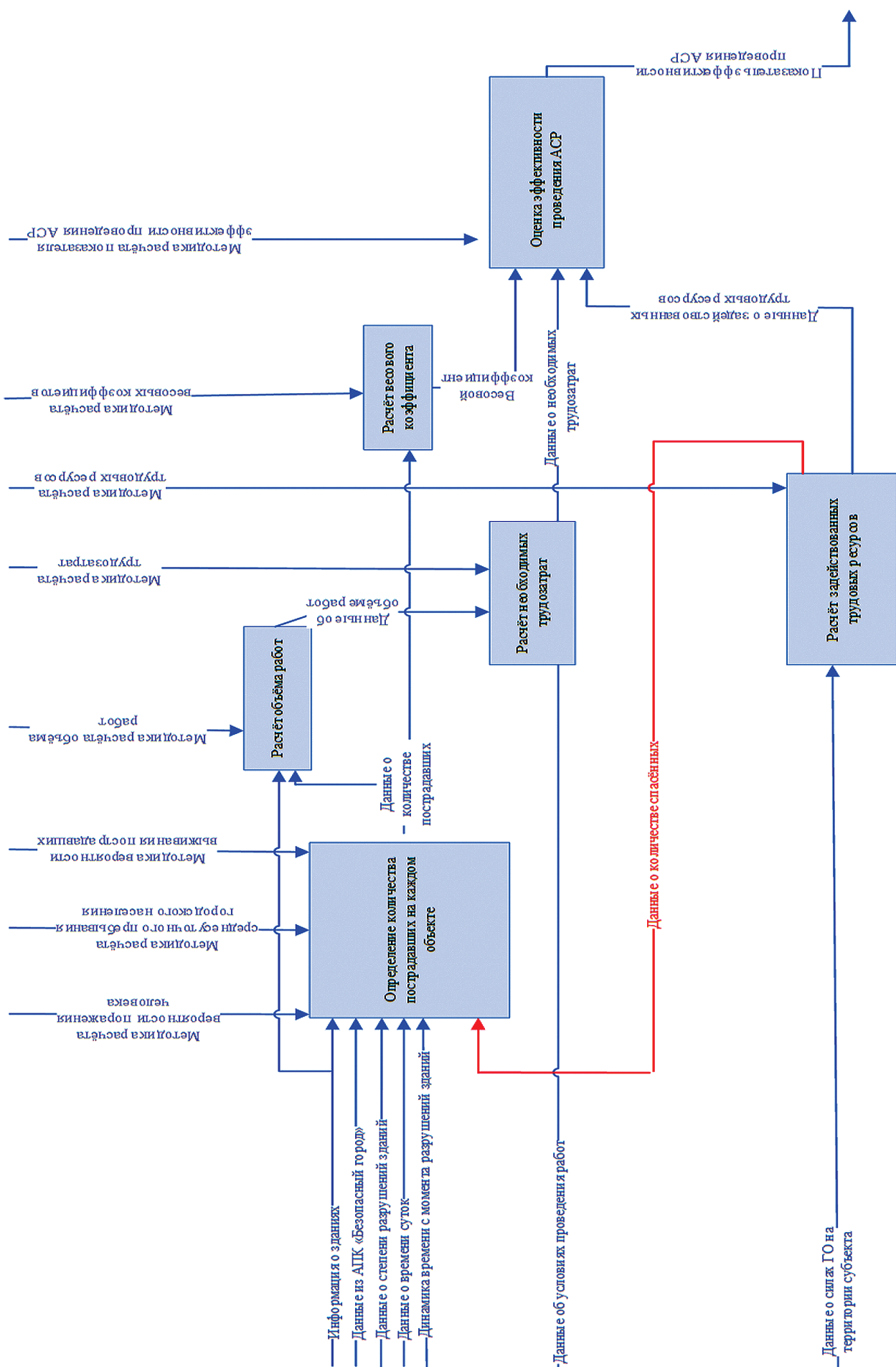


Рис. 1. Концептуальная модель получения показателя эффективности проведения аварийно-спасательных работ

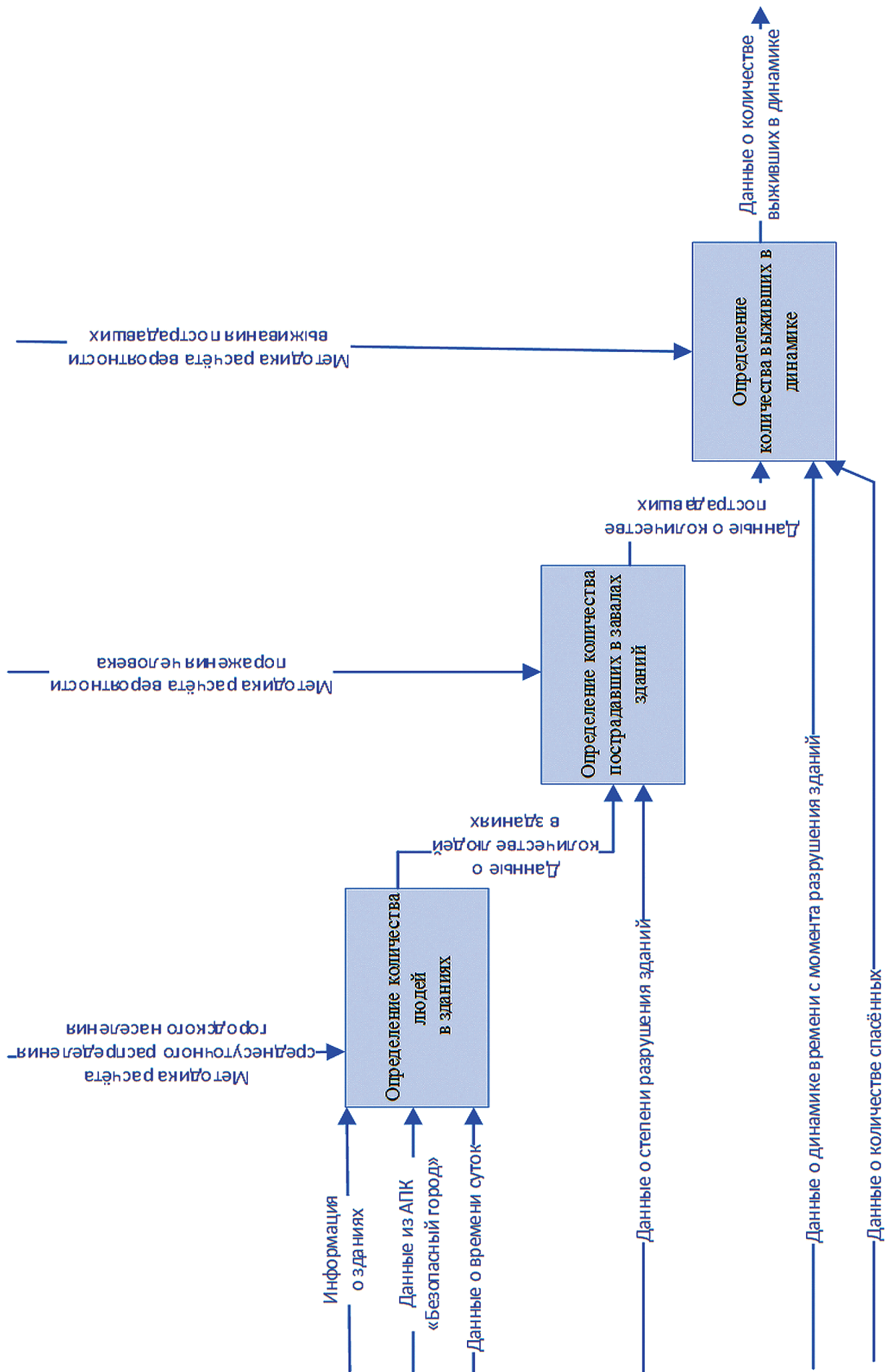


Рис. 2. Декомпозиция функции определения количества пострадавших

Количество людей, находящихся в i -ом здании в определенный момент времени, с учетом функционального назначения здания и информации из АПК «Безопасный город», рассчитывается по формуле, указанной в методике [6]:

$$M_i(t_z) = L_i P_{si}(t_z), \quad (1)$$

где:

$M_i(t_z)$ — количество людей в i -ом здании в зависимости от астрономического времени, чел.;

t_z — астрономическое время получения повреждения зданием, час;

L_i — количество зарегистрированных людей в i -ом здании согласно информации из АПК «Безопасный город», чел.;

P_s — вероятность нахождения людей в i -ом здании [6].

На следующем этапе определяется количество выживших (N_{vi}) в i -ом разрушенном здании с учетом степени его повреждения по формуле:

$$N_{vi} = M_i(t_z) P_{mi}(c), \quad (2)$$

где:

N_{vi} — количество выживших после получения i -ым зданием повреждения, чел.;

$P_{mi}(c)$ — условная вероятность выживания человека в зависимости от степени повреждения здания [4];

c — степень повреждения здания.

Аппроксимировав статистические данные о вероятности выживания пострадавших в зависимости от времени нахождения в завалах [5], получим функцию, которая позволяет рассчитать количество выживших в определенный момент времени:

$$N_i = (N_{vi} - N_{спас})(-0,16 \ln(t_{xi}) + 0,9107), \quad (3)$$

где:

N_i — количество выживших, пострадавших в завале i -го здания, в зависимости от времени нахождения в завале, чел.;

t_{xi} — время, прошедшее с момента получения i -ым зданием повреждения, час;

$N_{спас}$ — количество спасенных к моменту времени, чел.

Используя информацию о повреждении здания в соответствии с методикой [7] определяем высоту завала по формуле:

$$h_i = \frac{\gamma H_i}{100 + k H_i}, \quad (4)$$

где:

h_i — высота завала i -го здания, м;

H_i — высота i -го здания, м;

γ — объем завала на 100 м³ объема здания [7];

k — показатель, принимаемый равным:

при землетрясении $k = 0,5$;

для взрыва вне здания $k = 2$;

для взрыва внутри здания $k = 2,5$.

Для определения объема завала, из которого необходимо извлечь пострадавших, используем формулу, указанную в методике [7]:

$$V_i = 1,25 \cdot N_i \cdot h_i, \quad (5)$$

где:

N_i — количество людей, находящихся в завале i -го здания, чел.;

V_i — объем завала i -го здания, который необходимо разобрать для извлечения пострадавших, м³;

1,25 — коэффициент, учитывающий увеличение объема разбираемого завала за счет невозможности оборудования шахты размерами 1 × 1 м (осыпание завала, наклон шахты и т. п.).

Для вычисления объема трудозатрат необходимо учесть факторы и условия [2], влияющие на время проведения работ:

$$W_{ni} = \int_0^{t_{xi}} (0,1 \cdot k_o \cdot k_c \cdot k_n \cdot \Pi \cdot V_i(t)) dt, \quad (6)$$

где:

W_{ni} — значение необходимых трудозатрат в момент времени (t_{xi}) в завале i -го здания, чел·час;

Π — трудоемкость разборки завала, чел·час/м³ [8];

k_c — коэффициент, учитывающий структуру завала [8];

k_o — коэффициент, учитывающий освещенность на объекте проведения работ [8];

k_n — коэффициент, учитывающий погоду [8].

2. Расчет значений задействованных трудовых ресурсов для проведения АСР при разрушении зданий.

Расчет задействованных трудовых ресурсов определяется по формуле:

$$W_{ci} = \int_0^{t_{ci}} S_i dt, \quad (7)$$

где:

W_{ci} — значение задействованных трудовых ресурсов для проведения АСР в завале i -го здания, чел·час;

S_i — количество личного состава, задействованного для проведения АСР в завале i -го здания, чел.;

t_{ci} — время проведения работ АСР в завале i -го здания, час.

Расчет количества спасенных пострадавших ($N_{спас}$) к моменту времени t_{ci} проводится по формуле:

$$N_{спас} = \frac{\sum_0^{t_{ci}} W_{ci}}{W_{xi}}, \quad (8)$$

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

3. Оценка эффективности проведения АСР при разрушении зданий.

Модель оценки эффективности проведения АСР можно продемонстрировать на графике (рис. 3), кривые которого характеризуют значение задействованных трудовых ресурсов для проведения АСР и необходимых

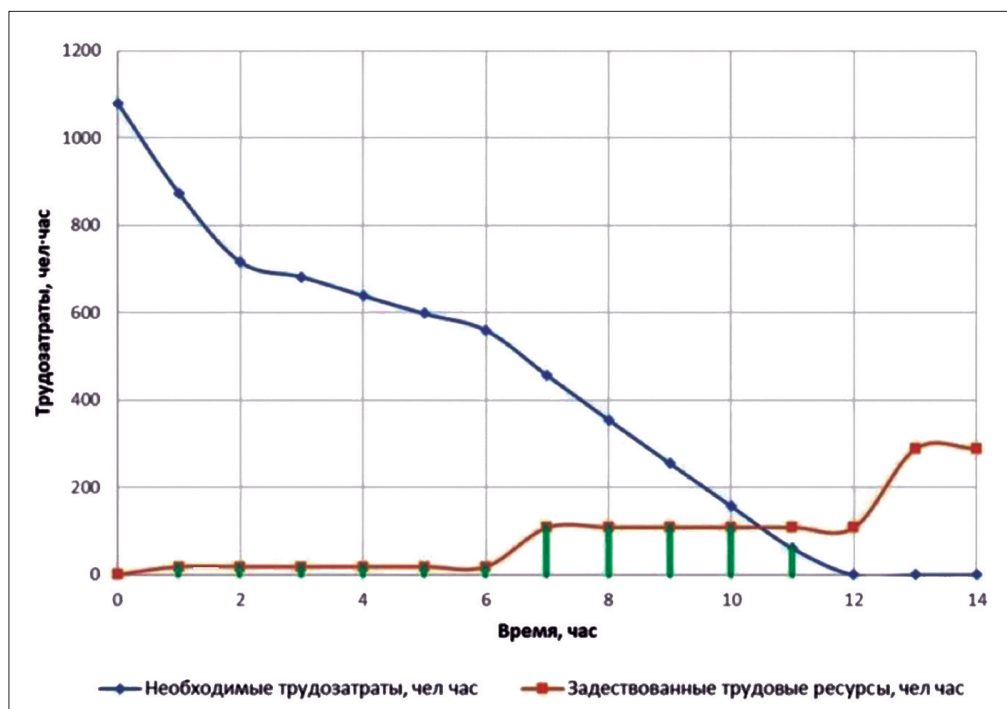


Рис. 3. Значения трудозатрат при проведении АСР

трудозатрат для спасения пострадавших в завале. При этом количество пострадавших (N_i) — величина динамическая и зависит как от времени нахождения пострадавших в завале, так и от количества спасенных.

Из графика видно, что начальный этап характеризуется значительной потребностью в трудовых ресурсах; это связано с тем, что под завалами находится до 60% пострадавших, которых возможно спасти. В то же время по плану гражданской обороны и защиты населения (далее — план ГО и ЗН) силы привлекаются эшелонами, что может быть недостаточно при массовых разрушениях зданий, когда на начальном этапе требуется задействование значительного количества трудовых ресурсов для проведения АСР.

На рис. 3 заштрихованная область, ограниченная кривыми графика, описывает площадь, характеризующую эффективность проведения АСР.

С течением времени объем необходимых трудозатрат уменьшается в связи с уменьшением числа пострадавших в завале, связанным с гибелью и извлечением пострадавших. Сам показатель эффективности определяется как аддитивная свертка произведений коэффициентов важности на отношении интегральных задействованных трудовых ресурсов к необходимым трудозатратам в динамике на каждом объекте, и определяется по следующей формуле:

$$K_r = \sum_{i=1}^n \beta_i \frac{W_{ci}}{W_{ni}}, \quad (9)$$

где:

K_r — показатель оценки эффективности проведения АСР. Увеличение показателя будет свидетельствовать о повышении эффективности проведения этих работ;

W_{ci} — значение задействованных трудовых ресурсов для проведения АСР в завале i -го здания, чел. час;

W_{ni} — значение необходимых трудозатрат для извлечения пострадавших в завале i -го здания, чел. час;

β_i — весовой коэффициент i -го здания.

Значение весового коэффициента (β_i) зависит от количества пострадавших, которых возможно спасти в завале i -го здания, определяется по формуле:

$$\beta_i = \frac{N_{idt}}{N_{sdt}}, \quad (10)$$

где:

N_{idt} — количество пострадавших, которых возможно спасти в завале i -го здания, чел.;

N_{sdt} — суммарное количество пострадавших, которых возможно спасти на всех объектах проведения АСР, чел.

Полученный показатель оценки эффективности проведения АСР может быть использован в качестве целевой функции для оптимизации процесса проведения АСР за счет рационального распределения трудовых ресурсов по объектам проведения работ.

Пример

С целью апробации разработанного подхода определим следующий сценарий: ударом обычными средствами поражения потенциальным противником было разрушено четыре жилых здания. Удар нанесен в 10 часов дня. Метеоусловия: скорость ветра — 5 м/с при температуре 15 °С. Исходными данными являются: характеристики зданий, указанные в табл. 1; общая численность сил ГО, предназначенных для проведения АСР, составляет 1000 человек; силы привлекаются эшелонами: прибытие 1 эшелона (200 человек) — через 2 часа; 2 эшелона (400 человек) — через 6 часов; резерв (400 человек) — через 10 часов.

Таблица 1

Характеристики зданий

№ зд.	Высота здания, H , м	Структура здания	Количество зарегистрированных жильцов, L , чел
1	20	Кирпичная	100
2	29	Кирпичная	150
3	20	Панельная	100
4	29	Панельная	150

Решение

1.1. По формуле (1) определяется количество людей в здании (M) в зависимости от астрономического времени. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

1.2. По формуле (2) определяется количество выживших (N_v) после получения каждым зданием повреждения. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

1.3. Количество выживших пострадавших (N) рассчитывается по формуле (3), оно зависит от времени нахождения пострадавших в завале. Результаты расчетов представлены во фрагменте табл. 4.

1.4. Высота завала (h) каждого здания определяется по формуле (4). Результаты расчетов представлены в табл. 5.

1.5. Объем завала (V), который необходимо разобрать, рассчитывается по формуле (5) и зависит от

высоты завала и количества выживших пострадавших. Результаты расчетов представлены во фрагменте табл. 6.

1.6. Объем необходимых трудозатрат (W_n) для разбора завалов определяется по формуле (6) и с учетом факторов и условий. Результаты расчетов представлены во фрагменте табл. 7.

2.1. Количество задействованных трудовых ресурсов (W_c) рассчитывается по формуле (7), при численности личного состава с учетом работы в две смены. Результаты расчетов представлены в табл. 8.

2.2. Определим количество спасенных в зависимости от времени проведения работ. Результаты расчетов представлены во фрагменте табл. 9.

3. Вычислим коэффициент эффективности по формуле (9). Результаты расчетов представлены во фрагменте табл. 10.

Зависимость количества людей, находящихся в здании, от времени суток

№ зд.	Астрономическое время получения повреждения зданием, t_z	Вероятность нахождения людей в здании, P_s	Количество зарегистрированных людей в здании, L , чел.	Количество людей в здании в зависимости от астрономического времени, M , чел.
1	10.00	0,7	100	70
2	10.00	0,7	150	105
3	10.00	0,7	100	70
4	10.00	0,7	150	105

Таблица 2

Зависимость количества выживших от степени повреждения здания

№ зд.	Степень повреждения здания, c	Вероятность выживания пострадавших, P_n	Количество людей в здании в зависимости от астрономического времени, M , чел.	Количество выживших после получения зданием повреждения, N_v , чел.
1	полная	0,4	70	28
2	полная	0,4	105	42
3	полная	0,4	70	28
4	полная	0,4	105	42

Таблица 3

Зависимость количества выживших от времени нахождения в завале

№ п/п	Время нахождения в завале, $t_{\text{н}}^{\text{ч}}$	Количество выживших в завале здания, N , чел.			
		Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4
1	0	28	42	28	42
2	1	25	38	25	38
3	2	22	34	22	34
4	3	21	31	21	31
5	4	19	29	19	29
6	5	18	27	18	27
...
243	242	1	1	1	1
244	243	0	0	0	0

Таблица 4

Таблица 5

Результаты расчетов высоты завалов

№ зд.	Коэффициент взрыва, k	Тип здания	Объем завала на 100 м ³ объема здания, γ	Высота здания, H , м	Высота завала, h , м
1	2	Бескаркасное стены из кирпича	36	20	5,14
2	2	Бескаркасное стены из кирпича	36	29	6,68
3	2	Каркасное со стенами из крупных панелей	42	20	6
4	2	Каркасное со стенами из крупных панелей	42	29	7,79

Таблица 6

Результаты расчетов высоты завалов

Здание № 1		Здание № 2		Здание № 3		Здание № 4	
Кол-во выживших, N , чел.	Объем завала, V , м ³	Кол-во выживших, N , чел./.	Объем завала, V , м ³	Кол-во выживших, N , чел.	Объем завала, V , м ³	Кол-во выживших, N , чел.	Объем завала, V , м ³
28	180	42	351	28	210	42	409
25	161	38	317	25	188	38	370
22	141	34	284	22	165	34	331
21	135	31	259	21	158	31	302
19	122	29	242	19	143	29	282
18	116	27	225	18	135	27	263
17	109	26	217	17	128	26	253
.....
1	6	1	8	1	8	1	10

Таблица 7

Результаты расчетов высоты завалов

Здание № 1		Здание № 2		Здание № 3		Здание № 4	
Объем завала, V , м ³	Кол-во необходимых трудозатрат, $W_{\text{т}}$, чел.ч	Объем завала, V , м ³	Кол-во необходимых трудозатрат, $W_{\text{т}}$, чел.ч	Объем завала, V , м ³	Кол-во необходимых трудозатрат, $W_{\text{т}}$, чел.ч	Объем завала, V , м ³	Кол-во необходимых трудозатрат, $W_{\text{т}}$, чел.ч
180	1080,00	351	2103,96	210	1260,00	409	2454,62
161	868,12	317	1604,83	188	1012,80	370	1977,85
141	706,01	284	1202,68	165	823,68	331	1614,21
135	666,66	259	1039,67	158	777,77	302	1529,58
122	618,31	242	859,12	143	721,36	282	1424,47
116	571,90	225	682,37	135	667,22	263	1323,80
109	528,45	217	78	128	173	253	342
...
6	2	8	3	8	11	10	14

Таблица 8

Результаты расчетов трудовых ресурсов

№ зд.	Первый эшелон			Второй эшелон			Третий эшелон		
	S , чел.	$t_{\text{с}}$, ч	$W_{\text{т}}$, чел.ч	S , чел.	$t_{\text{с}}$, ч	$W_{\text{т}}$, чел.ч	S , чел.	$t_{\text{с}}$, ч	$W_{\text{т}}$, чел.ч
1	25	6	150	75	4	300	125	10	1250
2	25	6	150	75	4	300	125	13	1625
3	25	6	150	75	4	300	125	29	3625
4	25	6	150	75	4	300	125	41	5125

Таблица 9

Зависимость количества спасенных от времени проведения АСР

№ п/п	Время нахождения в завале, $t_{\text{зп}}$, час	Количество спасенных в завале здания, N , чел.			
		Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0
4	3	1	1	0	0
5	4	1	1	0	0
6	5	1	1	0	0
7	6	1	1	0	0
8	7	2	2	1	1
...
20	19	11	12	3	3
...
24	23	-	16	4	4
...
39	38	-	-	9	9
...
51	50	-	-	-	11

Таблица 10

Коэффициенты эффективности проведения АСР

Время проведения АСР, $t_{\text{с}}$, ч	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Суммарный показатель
0	0	0	0	0	0
1	0,006	0,004	0,005	0,004	0,019
2	0,007	0,005	0,006	0,004	0,022
3	0,007	0,005	0,006	0,005	0,023
...
17	0,156	0,061	0,038	0,026	0,281
...
23	-	0,365	0,052	0,033	0,450
...
31	-	-	0,173	0,076	0,250
...
46	-	-	-	0,203	0,203



Рис. 3. Значения суммарного показателя эффективности

Графическое изображение суммарного показателя эффективности, полученного в результате расчетов, показано на рис. 3.

Из графика видно, что эффективность проведения АСР характеризуется подъемами и спадами, нивелировать спады возможно за счет принятия управленческого решения о перераспределении задействованных сил.

Вывод

Разработанный подход к формированию модели оценки эффективности проведения АСР применим вне зависимости от источника воздействия (землетрясение, взрыв бытового газа, обычные средства поражения). Такой подход имеет следующие преимущества:

1. Он позволяет объективно оценить эффективное использование трудовых ресурсов в каждый момент

времени, что позволяет значительно повысить точность и релевантность оценки.

2. Такой подход облегчает проведение анализа эффективности АСР на всех участках работ, что позволяет выделить общие тенденции и тренды, а также выявить потенциальные направления повышения эффективности в процессе проведения АСР.

3. Показатель эффективности является достаточно простым для вычисления и понимания, что должно повысить оперативность и достоверность принятых управленческих решений за счет выявления приоритетных направлений и планирования АСР.

4. Выбранный показатель может быть использован в качестве целевой функции при оптимизации процесса проведения АСР, что позволит повысить их эффективность.

Литература

1. Петухов Г.Б. Теоретические основы и методы исследования эффективности оперативных целенаправленных процессов: учеб. пособ. М.: МО СССР, 1979. 176 с.
2. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Хидирлясов Т.М., Мясников Д.В. Выявление, систематизация и классификация факторов, влияющих на эффективность проведения аварийно-спасательных работ при обрушении зданий // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2. С. 21–28.
3. Гражданская оборона СССР. Уроки и выводы ликвидации последствий разрушительных землетрясений для ГО СССР / под ред. В.К. Говорова. М.: 1989.
4. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 // Сайт СудАкт.ру URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-11042016-n-144-ob/> (дата обращения: 07.04.2023).
5. Шойгу С.К. Землетрясения: закономерности формирования и характеристика потерь населения / С.К. Шойгу, С.Ф. Гончаров, Г.П. Лобанов. М.: Всерос. центр медицины катастроф «Защита», 1998. 123 с.
6. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: учеб. пособ. / В.Г. Шаптала, В.Ю. Радоуцкий, В.В. Шаптала; под общ. ред. В.Г. Шапталы. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 166 с.
7. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник в 3-х ч. Ч. 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: в 3-х кн. Кн. 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях / под общ. ред. С.К. Шойгу / В.А. Акатьев, С.С. Волков, В.С. Гаваза и др. М.: ЗАО «ПАПИРУС», 1998. 176 с.
8. Организация и технология ведения аварийно-спасательных работ при землетрясениях. Наставление, ч. 2. М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2000. 204 с.

Сведения об авторах

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.

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

Казаков Вячеслав Юрьевич: АГЗ МЧС России, зам. нач. каф. аварийно-спасат. работ. Химки, Россия. SPIN-код: 1053-7461.

Бюраев Антон Дмитриевич: АГЗ МЧС России, оператор ЭВМ науч.-исслед. центра. Химки, Россия. SPIN-код: 7500-0948.

Information about authors

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.

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

Kazakov Vyacheslav Y.: Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Deputy Head of the Department of Emergency and Rescue. Khimki, Russia. SPIN-код: 1053-7461.

Buraev Anton D.: Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Research Computer Operator. SPIN-код: 7500-0948.