

УДК 614.84; 627; 621.22; 519.8

**Г. А. Шарипов**

*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина  
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗРУШЕНИЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема оптимизации применения группировки сил государственной системы гражданской защиты при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением зданий и сооружений. Установлено, что снижение эффективности действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций обусловлено временными задержками, ограниченностью ресурсов и сложными условиями проведения аварийно-спасательных работ. Предложен методический подход, основанный на системном анализе и моделировании, обеспечивающий рациональное распределение сил по участкам работ с учётом временных параметров, производительности подразделений и вероятности спасения пострадавших. Реализация данного подхода направлена на повышение результативности аварийно-спасательных работ и снижение риска гибели людей при разрушении зданий и сооружений.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, группировка сил, силы ликвидации, рациональный вариант, анализ, разрушение зданий и сооружений.

Актуальность системного анализа применения группировки сил для ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) обусловлена тем, что ранее разработанные методики и модели преимущественно концентрировались на технологиях проведения деблокирования пострадавших. Основное внимание уделялось расчистке значительных объёмов строительных обломков и выполнению работ по разбору завалов с использованием тяжёлой инженерной техники и средств механизации, применяемых в гражданском строительстве [1- 3].

В соответствии с Законом Республики Казахстан «О гражданской защите» [4] задачи ликвидации ЧС возложены на государственную систему гражданской защиты (ГСГЗ). Данная система объединяет воинские части гражданской обороны, аварийно-спасательные службы и формирования, подразделения государственной, профессиональной и отраслевой противопожарных служб, формирования гражданской защиты, авиация и морская организация уполномоченного органа в сфере гражданской защиты, службы наблюдения, контроля обстановки и прогнозирования.

Поэтому задача ликвидации ЧС, связанная с разрушением зданий и сооружений, должна быть ориентирована на формирование такого варианта применения группировки сил, привлекаемых для ликвидации ЧС, которая обеспечивает спасение максимально возможного числа пострадавших при соблюдении следующих ограничений. Во-первых, состав сил, выделяемый для ликвидации последствий ЧС, является фиксированным и не превышает

установленной штатной численности. Во-вторых, продолжительность выполнения работ на всех участках ограничена расчетным временем выживания пострадавших в завалах с учётом воздействующих факторов.

Учитывая сложность задач ликвидации ЧС и разнородность подразделений, входящих в состав группировки сил, привлекаемой для устранения последствий разрушений зданий и сооружений, оценка качества их применения должна основываться на принципах системного анализа. Под системным анализом применения группировки сил следует понимать разложение общей задачи, решаемой группировкой, на совокупность взаимосвязанных и согласованных подзадач, объединение которых обеспечивает получение целостного и оптимального решения.

Одним из ключевых негативных последствий неэффективного применения сил при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, является увеличение времени реагирования группировки. Применение сил в подобных условиях представляет собой сложный и многофакторный процесс, осуществляемый, как правило, в крайне неблагоприятной оперативной обстановке, в ограниченные сроки, при высокой интенсивности работ и ограничениях людских, материальных и финансовых ресурсов.

Примером такого происшествия является ЧС, произошедшая в 4 часа 7 минут 31 декабря 2018 в городе Магнитогорск, по адресу: проспект Карла Маркса 164. Произошло обрушение перекрытий с 1 по 10 этаж седьмого подъезда, пострадали 52 квартиры, 25 полностью разрушены.

В составе группировки по ликвидации последствий ЧС вошли: силы Челябинской подсистемы РСЧС, ГУ МЧС России по Челябинской области, по Республике Башкортостан, НЦУКС, ЦПСООР «Лидер», ГЦАСО «Центроспас», подразделения МВД и Росгвардии, оперативные службы города. На рисунке 1 представлен анализ динамики ведения спасательной операции с применением группировки сил.

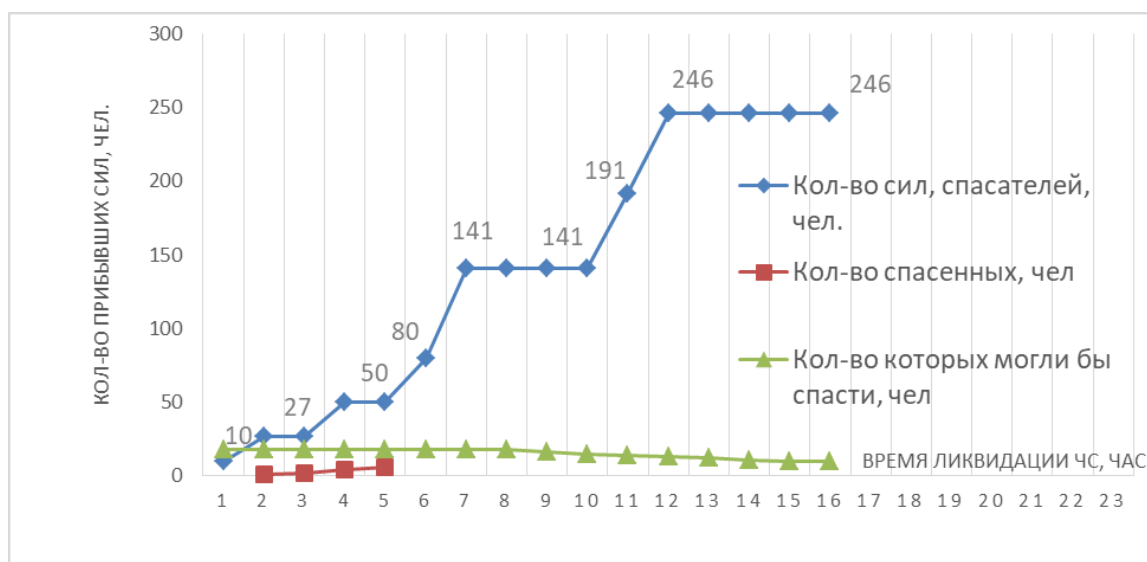


Рисунок 1 – Динамика ведения спасательной операции

Анализ динамики проведения спасательной операции показал, что, согласно нормативным расчётам, максимально возможный уровень спасения мог составить около 40 % от общего числа пострадавших. На практике же удалось спасти, извлечь и оказать помощь только шести пострадавшим.

С учётом погодных условий, физических, физиологических и иных факторов, влияющих на состояние людей, было установлено, что период эффективных действий по спасению пострадавших составлял не более 23 часов с момента возникновения ЧС. Число погибших, обнаруженных в завалах разрушенного здания, составило 39 человек.

Сложившаяся обстановка привела к увеличению продолжительности спасательной операции, что, в свою очередь, повлияло на рост числа погибших. Проведённый анализ мероприятий при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений на данном примере, позволил выявить проблемную ситуацию – низкую эффективность применения группировки сил.

Рассмотрены возможные направления решения выявленной проблемной ситуации. К ним относятся:

- увеличение штатной численности подразделений различных ведомств и оперативных служб, привлекаемых для ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений;
- оснащение сил совместной группировки современными высокопроизводительными образцами аварийно-спасательных средств и специальной техники;
- расширение времени, предусмотренного для совместной профессиональной подготовки подразделений различных ведомств и оперативных служб, участвующих в ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений.

Данная проблемная ситуация формирует противоречие в практической деятельности по применению сил, привлекаемых для ликвидации ЧС. С одной стороны, реализация перечисленных направлений действительно способна повысить результативность аварийно-спасательных работ (АСР) и увеличить число спасённых пострадавших при разрушениях зданий и сооружений. С другой стороны, существующие материальные, кадровые и временные ограничения не позволяют заблаговременно формировать усиленные группировки сил, что делает перечисленные меры трудно реализуемыми в реальных условиях.

Разрешение данного противоречия требует значительных финансовых, временных и организационных ресурсов, объём которых ограничен.

Анализ существующих моделей [8-11] показал, что повышение эффективности ликвидации ЧС достигается за счёт грамотного манёвра силами и средствами, при котором обеспечивается выполнение поставленных задач и оптимальное использование группировки сил, привлекаемых к АСР. Для обоснования эффективности применения сил ликвидации ЧС на отдельных участках необходимо выполнить последовательный комплекс действий, который можно представить в виде оптимизационной модели ликвидации последствий разрушения зданий и сооружений.

Первым этапом реализации данной модели является оценка обстановки в зоне ЧС. На этом этапе определяется характер и объём работ, подлежащих выполнению

каждым подразделением группировки сил по их предназначению в условиях проведения АСР, а также осуществляется прогнозирование возможного количества пострадавших, оказавшихся в завалах.

Второй этап предусматривает оценку возможностей сил, привлекаемых для проведения АСР. Она включает анализ укомплектованности подразделений специалистами, оценку применяемой технологии ликвидации ЧС, уровень профессиональной подготовки, наличие оснащения, а также время, необходимое для развертывания соответствующих сил и средств.

На третьем этапе проводится оценка факторов, влияющих на эффективность выполнения персонализированных работ подразделениями группировки сил ликвидации ЧС. К таким факторам относятся метеорологические условия, температурный режим, наличие вторичных поражающих факторов, время суток и другие параметры, определяющие условия проведения АСР.

Для проведения системного анализа применения группировки сил при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, требуется комплексно оценить деятельность подразделений различных ведомств и оперативных служб, их функции, технологическую структуру выполняемых мероприятий и временные параметры действий. При этом необходимо исследовать наличие утверждённых норм времени на выполнение мероприятий, а также установить соответствие привлекаемых сил их предназначению с учётом погодных, технических и технологических условий.

Важно определить сложность и динамику применяемых технологий проведения АСР, а также степень согласованности совместных действий подразделений, входящих в общую группировку. Существенным элементом анализа является оценка эффективности применения каждого подразделения, привлекаемого для спасения максимального числа пострадавших, и определение потребности в силах в зависимости от характера обстановки.

Необходимо сопоставить нормативные временные показатели с фактическим временем выполнения мероприятий, выявить расхождения и причины их возникновения. Требуется установить последовательность и границы действий сил гражданской обороны, аварийно-спасательных служб и формирований как в отдельности, так и в составе единой группировки. Следует также рассчитать распределение сил различных ведомств и оперативных служб по участкам работ при ликвидации ЧС, связанной с разрушением зданий и сооружений.

Анализ влияния ключевых факторов на применение сил в условиях разрушений позволяет обосновать решения, направленные на обеспечение максимального количества спасённых пострадавших. Эффективность проводимых работ может оцениваться по отношению числа спасённых к общему количеству пострадавших, что отражает взаимосвязь между временем ликвидации ЧС и достигнутым результатом.

Управление ликвидацией ЧС требует многовариантного принятия решений, связанных с распределением и манёвром сил, привлекаемых к выполнению АСР. Под группировкой сил ликвидации ЧС понимается совокупность сил и средств, сведённых в определённую систему и развернутых для обеспечения организационного проведения работ. Координацию действий и взаимодействие этих сил осуществляют органы управления ГСГЗ, создаваемые на каждом уровне функционирования [4].

В процессе ликвидации ЧС объём необходимых мероприятий может увеличиваться по сравнению с исходным замыслом, а развитие разрушений зданий и сооружений создаёт дополнительные угрозы для пострадавших. Наибольшую опасность представляют завалы, образующиеся при обрушении конструкций, усложняющие проведение АСР.

На практике совместные действия всех подразделений, привлекаемых для ликвидации ЧС, направлены на своевременное реагирование, изменение масштаба и характера последствий путём выполнения комплекса организационно-распорядительных мероприятий. Реализация этих мероприятий обеспечивает выполнение ключевых функций группировки сил гражданской обороны и аварийно-спасательных формирований при проведении спасательных работ [5-6].

Рассматривая задачу применения группировки сил для сокращения общего времени выполнения АСР, следует отметить, что оперативный штаб обеспечивает организацию и координацию всего комплекса взаимосвязанных мероприятий. Продолжительность выполнения отдельных действий определяется временем реализации смежных операций подразделениями различных ведомств, действующих в пределах имеющегося ресурса сил и средств.

Для решения данной научной задачи воспользуемся теорией «Исследования операций» [12], позволяющей формализовать процесс распределения сил ликвидации ЧС и определить оптимальный вариант их применения.

Мероприятия, выполняемые при ликвидации ЧС, можно представить в виде множества видов работ, осуществляемых оперативным штабом совместной группировки подразделений различных ведомств и оперативных служб в виде [12]:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\} \quad (1)$$

где  $A$  – множество видов работ;

$a_i$  – отдельное действие из множества работ  $A$ ;

$n$  – количество работ.

Эти множества становятся исходной точкой для дальнейшего построения модели.

В данном случае, каждый элемент  $a_i$  описывает конкретное действие выполнения работ: от разбора завала и эвакуации пострадавших до подачи воды или установки временных конструкций. Такое представление позволяет применять методы комбинаторной оптимизации и рассматривать действия как дискретные единицы анализа.

Реальные процессы ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений всегда имеют структуру предшествования: одни действия не могут быть начаты до завершения других. Это отражается через отношение частичного порядка [12]:

$$a_i < a_j, \quad i \neq j \quad (2)$$

где  $<$  – выполнение работ (операций)  $a_i$  должно завершиться раньше, чем начнется  $a_j$ ;

$j$  – индекс действия  $i$  не равен индексу  $j$ .

Таким образом, проведение работ при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений,  $a_i$  должно завершиться до начала  $a_j$ . Например, установка опорных конструкций должна предшествовать входу привлекаемых сил ликвидации ЧС в разрушенное здание (сооружение). Подобные зависимости часто визуализируются в виде сетевых графиков, где вершины соответствуют действиям, а дуги – ограничениям [10].

При ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, выполнение каждой работы является составным и включает несколько подготовительных операций. Декомпозиция каждой работы выглядит следующим образом [12]:

$$a_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im_i}\} \quad (3)$$

где  $r_{ik}$  – выполнение подготовительной работы;

$k$ -я – подготовительная операция внутри работы  $a_i$ ;

$m_i$  – количество подготовительных действий в работе  $a_i$ .

Например, «разбор завала» можно разбить на три подготовительных этапа: подъем плит с использованием крана, вывоз и сортировка обломков, расчистка проходов. Такой подход соответствует моделям и методикам, которые применяются в управлении проектами для повышения точности временных оценок и снижения неопределенности. Такая логическая структура предшествования формирует скелет будущей сетевой модели и обеспечивает корректность построения последовательности действий.

Процесс проведения мероприятий по ликвидации последствий ЧС определяется продолжительностью устранения разрушений зданий и сооружений [12]:

$$\tau(a_i) \geq 0 \quad (4)$$

где  $\tau(a_i)$  – длительность выполнения действия. Если действие состоит из подготовительных работ, его длительность вычисляется как сумма длительностей АСР [12]:

$$\tau(a_i) = \sum_{k=1}^{m_i} \tau(r_{ik}) \quad (5)$$

где  $\tau(r_{ik})$  – длительность подготовительных работ  $r_{ik}$ .

Данная модель близка к актуальным методам, где длительность ликвидации ЧС, представляется как случайная величина с учетом оптимистичных, пессимистичных и наиболее вероятных сценариев [11]. В условиях ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, важно учитывать различные неблагоприятные факторы, например, такие как: погодные и климатические условия; уровень повреждений зданий и сооружений; техническое обеспечение привлекаемых сил ликвидации ЧС, которые могут существенно влиять на фактическое время. На этом этапе модель связывается с методами, которые позволяют учитывать вероятностный характер длительностей и анализировать риски задержек.

То есть условие начала выполнения последующей работы  $a_j$  может начаться только после завершения  $a_i$ .

Формально [12]:

$$t_{\text{нач}}(a_j) \geq t_{\text{оконч}}(a_i) \quad (6)$$

где  $t_{\text{нач}}(a_j)$  – время начала работы  $a_j$ ;

$t_{\text{оконч}}(a_i)$  – время завершения работы  $a_i$ .

Необходимо определить условие завершения работы, где время завершения действия определяется как [12]:

$$t_{\text{оконч}}(a_i) = t_{\text{нач}}(a_i) + \tau(a_i) \quad (7)$$

В терминах сетевых диаграмм это эквивалентно дуге, связывающей два события. В рамках ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений примером может служить: разбор завала должен завершиться до начала эвакуации, а эвакуация должна завершиться до транспортировки пострадавших. Допускается и параллельное выполнение независимых работ. Необходимо определить такой вариант применения привлекаемых сил, при котором общее время  $T$  ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений будет минимальным с учетом ограничений на состав сил и средств [12]:

$$T = \max_{a_i \in A} t_{\text{оконч}}(a_i) \quad (8)$$

где  $T$  – общее время ликвидации ЧС;

$\max_{a_i \in A} t_{\text{оконч}}(a_i)$  – время завершения работ  $a_i$ ;

$A$  – множество видов работ.

Оптимальное значение [12]:

$$T^* = \min_{\{a_i\}} T, \quad (9)$$

где  $T^*$  – минимальное время ликвидации ЧС при всех ограничениях.

Формализованное представление зависимостей следует задать в виде матрицы зависимостей между работами [12]:

$$E = [e_{ij}] = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} & \cdots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} & \cdots & e_{2n} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} & \cdots & e_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n1} & e_{n2} & e_{n3} & \cdots & e_{nn} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

Элемент  $e_{ij} = 1$ , если выполнение работы  $a_i$  должно предшествовать  $a_j$ , и  $e_{ij} = 0$ , если зависимости нет.

Выполнение работы имеет следующую матрицу из трех действий [12]:

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

где  $a_1 \rightarrow a_2, a_2 \rightarrow a_3$ ,

при следующих ограничениях и допущениях [12]:

$$\begin{cases} t_{\text{нач}}(a_j) \geq t_{\text{оконч}}(a_i) \\ t_{\text{нач}}(a_k) \geq t_{\text{оконч}}(a_l), \\ \sum_{a_i \in A_{\text{одновр.}}} r(a_i). \end{cases} \quad (12)$$

ограничение последовательности:  $t_{\text{нач}}(a_j) \geq t_{\text{оконч}}(a_i), \quad e_{ij} = 1$

невозможность одновременного выполнения одним подразделением работ:

$t_{\text{нач}}(a_k) \geq t_{\text{оконч}}(a_l), \quad a_k, a_l$  выполняются одной службой ограниченность ресурсов:

$$\sum_{a_i \in A_{\text{одновр.}}} r(a_i) \leq R$$

где  $r(a_i)$  – объем ресурсов для  $a_i$ ;

$R$  – общий доступный объем.

Эти ограничения напрямую связаны с задачами оптимального распределения ресурсов, широко описанными в теории логистического исследований [3].

Все вышеописанные шаги объединяются в одну цель – минимизацию времени ликвидации [12]:

$$\min T. \quad (13)$$

Данная целевая функция завершает логическую цепочку: от формализации множества работ и их зависимостей, через ограничения и длительности, к поиску оптимального плана ликвидации ЧС.

Эта цель согласуется с практикой применения многокритериальных моделей, где приоритетом выступает сокращение длительности реагирования [8].

Таким образом, задача оптимизации применения группировки сил ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, заключается в определении такой последовательности  $a_i$ , которая удовлетворяет всем ограничениям и минимизирует итоговое время ликвидации [12]:

$$T^* = \min_{\{a_i\}} T \quad (14)$$

Анализ научных публикаций [7, 8] показывает, что перспективными направлениями являются:

- использование симуляционных подходов для повышения устойчивости решений [7];
- интеграция критериальных моделей (учет времени, затрат и рисков) [8];

– внедрение эвристических алгоритмов для решения задач большого масштаба [8].

Отообразим в табличной форме (Таблица 1), виды работ, проводимые при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений.

Таблица 1 – Виды работ при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений

| № п/п | Номер меропр. | Наименование работ                                                                                  | Силы                   | Время выполнения, мин. | Очередн. выполн. |
|-------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| 1     | $M_1$         | Общая и специальная разведка ЧС и объекта работ.                                                    | Штаб группировки       | $t_1 = 30$             | 1                |
| 2     | $M_2$         | Локализация пожара. Ликвидация пожаров на маршрутах выдвижения и на объектах работ.                 | МЧС                    | $t_2 = 60$             | 2                |
| 3     | $M_3$         | Оцепление района, зоны ЧС (оцепление района, посты на дорогах).                                     | МВД                    | $t_3 = 1880$           | 3                |
| 4     | $M_4$         | Подготовительные работы: поисково-спасательные работы.                                              | МЧС, МВД               | $t_4 = 60$             | 3                |
| 5     | $M_5$         | Укрепление конструкций. Инженерно-технические работы на маршрутах выдвижения и ввода сил и средств. | Инженерная служба, МЧС | $t_5 = 90$             | 4                |
| 6     | $M_6$         | Ликвидация аварий на системах газоснабжения и электроснабжения.                                     | оперативные службы     | $t_6 = 60$             | 5                |
| 7     | $M_7$         | Разбор завалов.                                                                                     | Инженерная служба, МЧС | $t_5 = 1440$           | 6                |
| 8     | $M_8$         | Инженерные работы по обеспечению доступа к пострадавшим, их деблокированию и спасение.              | МЧС, МВД<br>Нацгвардия | $t_7 = 320$            | 7                |
| 9     | $M_9$         | Эвакуация пострадавших, транспортировка пострадавших в лечебные учреждения.                         | МЧС,<br>Скорая помощь  | $t_8 = 440$            | 8                |

Для большей наглядности зависимости представим в виде сетевого графа, где вершины обозначают действия, а дуги – последовательность их выполнения. На рисунке 2 представлена концептуальная модель сетевого графа ликвидации ЧС при разрушении здания, отражающая логическую структуру операций аварийно-спасательных и неотложных работ (АСНР) и их технологическую взаимосвязь. Такой граф позволяет наглядно выделить критический путь, от которой зависит общее время  $T$ .

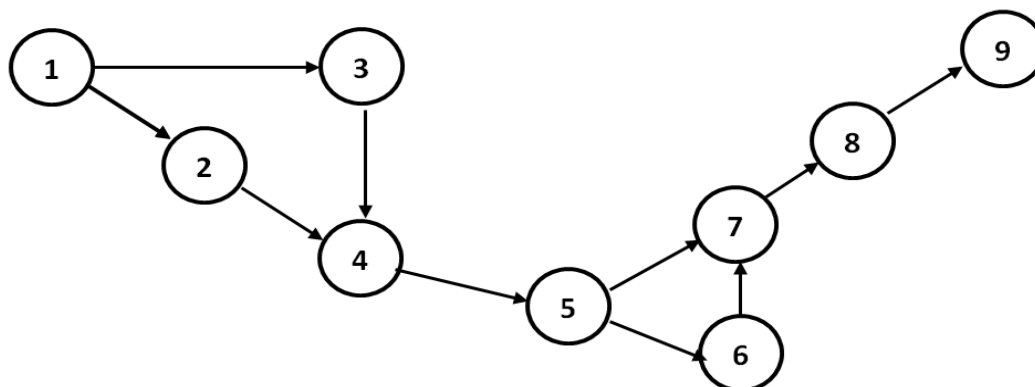


Рисунок 2 – Сетевой граф зависимостей действий при ликвидации ЧС, где: 1 – Общая и специальная разведка ЧС и объекта работ; 2 – Локализация пожара; 3 – Оцепление района, зоны ЧС; 4 – Подготовительные работы: поисково-спасательные работы; 5 – Укрепление конструкций; 6 – Ликвидация аварий на системах газоснабжения и электроснабжения; 7 – Разбор завалов; 8 – Инженерные работы по обеспечению доступа к пострадавшим, их деблокированию и спасение; 9 – Эвакуация пострадавших.

На рисунке 3 приведена концептуальная модель сетевого графа ликвидации ЧС, связанная с разрушением здания, с выделением критического пути выполнения АСНР, отражающая структурную взаимосвязь технологических операций и их влияния на общее время проведения работ.

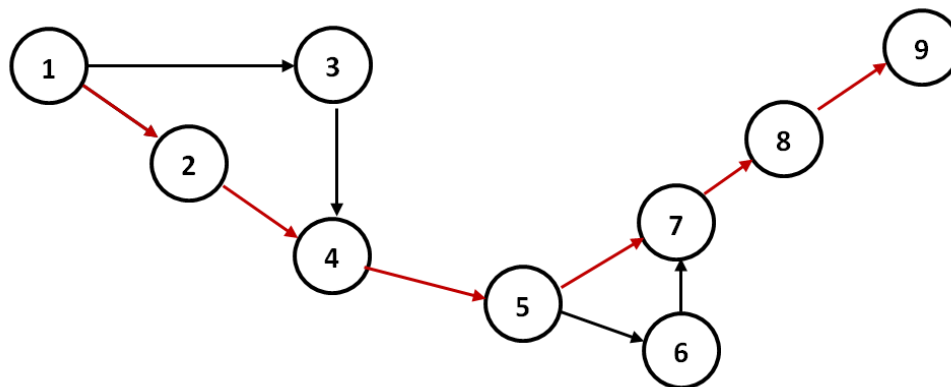


Рисунок 3 – Сетевой граф с выделенным критическим путем действий

В данном графе красным цветом выделена цепочка  $A1 \rightarrow A2 \rightarrow A4 \rightarrow A5 \rightarrow A7 \rightarrow A8 \rightarrow A9$ , которая представляет собой критический путь. Именно эта последовательность определяет общее время ликвидации ЧС, и задержка на любом ее этапе приведет к увеличению суммарной продолжительности работ. Подобный подход соответствует методологии, широко используемой в управлении проектами и планировании ликвидации ЧС [9].

Для решения задачи формирования рационального варианта применения сил при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, целесообразно

выполнять расчёты, основанные не на фактическом объёме спасённых пострадавших, а на прогнозируемом количестве людей, которые потенциально могут быть спасены из завалов. Такой подход предусматривает оценку персонального выполнения работ по их предназначению, включая определение производительности на отдельных участках работ. Указанное положение является исходным, поскольку позволяет объективно оценить эффективность привлекаемых сил при ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений. Кроме того, данный метод обеспечивает учёт состава и структуры сил, а также позволяет определить, как их распределение влияет на количество спасённых в каждом конкретно заданном временном интервале, что создаёт основу для эффективного управления группировкой.

Преимуществом рассматриваемого подхода является возможность предварительного проведения расчётов по вариативному изменению порядка применения сил, привлекаемых для ликвидации ЧС. Это позволяет заблаговременно установить направления сосредоточения основных усилий совместной группировки различных ведомств и оперативных служб с обоснованием целесообразных показателей эффективности. В научных исследованиях [10, 13] рассматриваются вопросы максимизации эффективности выполнения задач силами, привлекаемыми для ликвидации ЧС. Однако остаётся недостаточно изученным вопрос применения сил ликвидации ЧС, связанных с разрушением зданий и сооружений, до момента времени  $T$ , а также в условиях возникновения дополнительных объёмов мероприятий. Указанные аспекты могут быть решены путём использования целевой функции, направленной на минимизацию человеческих жертв [14].

Таким образом, выполнение системного анализа применения группировки сил создаёт предпосылки для разработки методического подхода, обеспечивающего рациональный вариант распределения сил, привлекаемых к проведению АСР, что способствует увеличению числа спасённых пострадавших.

#### *Выводы*

Исследования показали, что результаты ликвидации ЧС, связанные с разрушением зданий и сооружений, определяются не количеством привлекаемых сил, а качеством их применения. На эффективность АСР решающее влияние оказывают согласованность действий, временные ограничения, условия выживаемости пострадавших и технологическая последовательность выполнения работ. Установлено, что задержки при развёртывании подразделений, нерациональное распределение ресурсов и отсутствие учёта динамики обстановки приводят к снижению числа спасённых.

Предложенный методический подход основан на системном анализе структуры аварийно-спасательных мероприятий и моделировании их последовательности с учётом реальных ограничений. Модель обеспечивает выбор такого порядка выполнения работ, при котором исключаются неэффективные задержки, учитываются особенности объекта, а распределение сил определяется прогнозируемой результативностью их действий. Применение данного подхода создаёт возможность заранее оценивать ожидаемый эффект от применения каждого подразделения и целесообразность его присутствия на конкретном участке работ.

Результаты исследования могут использоваться для обоснования решений оперативных штабов, планирования применения сил гражданской защиты и корректировки нормативов проведения АСР. Модель формирует основу для разработки практических регламентов и позволяет повысить результативность спасательных операций без увеличения численности подразделений, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов.

#### Список литературы

1. Menshih V., Avsentev O., Samorokovskiy A. Models of resource allocation optimization when solving the control problems in organizational systems // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 973. – Conference 1, 012040. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.semanticscholar.org/> (дата обращения: 22.02.2025). – Текст: электронный.
2. Рыбаков А.В. и др. Методический подход к формированию модели оценки эффективности проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий // Сб. и. тр. Технологии гражданской безопасности. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС, 2023. – № 2 (76). – С. 57-66.
3. Бондар Е.А. [и др.] Организация и проведение аварийно-спасательных и других неотложных мероприятий при ликвидации последствий разрушения зданий и сооружений // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39218526> (дата обращения: 6.02.2025). – Текст: электронный.
4. Закон Республики Казахстан. О гражданской защите: принят 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК. [Электронный ресурс] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188> (дата обращения: 05.02.2025). – Текст: электронный.
5. Об утверждении положений о ведомствах и территориальных подразделениях Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан: утв. Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 30 октября 2020 года № 16. [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G20O0000016> (дата обращения: 14.03.2025). – Текст: электронный.
6. Самороковский А.Ф. Модель оптимального распределения ресурса оперативным штабом при проведениях эвакуации в условиях возникновения чрезвычайной ситуации // Вестник Воронежского института МВД России. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2021. – № 1. – С. 122-130.
7. Pu, Fan, et al. Operations Research Methods for Emergency Response: A Review [Электронный ресурс] // arXiv preprint. – 2025. – Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2505.03979v1> (дата обращения: 08.06.2025).
8. Li, Linwei, et al. A Multi-Objective Emergency Vehicle Dispatching Model Considering Fairness and Risk // Applied Sciences. – 2024. – Т. 14, № 17. – С. 7433. – DOI: 10.3390/app14177433. (дата обращения: 20.02.2025). – Текст: электронный.
9. Kelley, J. E., Walker, M. R. Critical-Path Planning and Scheduling // Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference. – 1959. (дата обращения: 20.02.2025). – Текст: электронный.
10. Рыбаков А. В. и др. Методический подход к рациональному распределению сил и средств для проведения работ на маршрутах эвакуации населения // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2020. – № 4 (47). – С. 86-95.

11. Пархомчик Э.А. и др. Методический подход по обоснованию рациональной группировки сил и средств, привлекаемой для ликвидации чрезвычайной ситуации в военное время // Сб. н. тр. Моделирование сложных процессов и систем. XXIX МНПК. – Химки: АГЗ МЧС России, 2019. – С. 99-106.
12. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Наука, 1980. – 528 с.
13. Хидирлясов Т.М. и др. О методике обоснования рационального варианта распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий / А.В. Рыбаков, Е.В. Иванов [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 4(78). – С. 16-25.
14. Шарипов Г.А. Обоснование методического подхода применения сил, привлекаемых к ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением зданий и сооружений // «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития Государственной системы гражданской защиты»: сборник тезисов и докладов МНПК. 13 марта 2025 г. – Кокшетау: ГУ «Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан», 2025. – С. 341-345. [Электронный ресурс] – URL: [https://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NIC/sbornik\\_2025\\_red+.pdf](https://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NIC/sbornik_2025_red+.pdf) (дата обращения: 16.06.2025).

#### References

1. Menshih V., Avsentev O., Samorokovskiy A. Models of resource allocation optimization when solving the control problems in organizational systems // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 973. – Conference 1, 012040. [Elektronnyj resurs] – URL: <https://www.semanticscholar.org/> (data obrashhenija: 22.02.2025). – Tekst: jelektronnyj.
2. Rybakov A.V. i dr. Metodicheskij podhod k formirovaniju modeli ocenki jeffektivnosti provedenija avarijno-spasatel'nyh rabot pri razrushenii zdaniy // Sb. i. tr. Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – М.: FGBU VNII GOChS, 2023. – № 2 (76). – S. 57-66.
3. Bondar E.A. [i dr.] Organizacija i provedenie avarijno-spasatel'nyh i drugih neotlozhnyh meroprijatij pri likvidacii posledstvij razrushenija zdaniy i sooruzhenij // Pozharnaja i tehnosfernaja bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya. [Elektronnyj resurs] – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39218526> (data obrashhenija: 6.02.2025). – Tekst: jelektronnyj.
4. Zakon Respubliki Kazahstan. O grazhdanskoj zashhite: prinjat 11 aprelja 2014 goda № 188-V ЗРК. [Elektronnyj resurs] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188> (data obrashhenija: 05.02.2025). – Tekst: jelektronnyj.
5. Prikaz Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan ot 30 oktjabrja 2020 goda № 16. «Ob utverzhdenii polozhenij o vedomstvah i territorial'nyh podrazdelenijah Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan». [Elektronnyj resurs] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G20O0000016> (data obrashhenija: 14.03.2025). – Tekst: jelektronnyj.
6. Samorokovskij A.F. Model' optimal'nogo raspredelenija resursa operativnym shtabom pri provedenijah jevakuacii v uslovijah vozniknovenija chrezvychajnoj situacii // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – Voronezh: Voronezhskij institut MVD Rossii, 2021. – № 1. – S. 122-130.
7. Pu, Fan, et al. Operations Research Methods for Emergency Response: A Review [Elektronnyj resurs] // arXiv preprint. – 2025. – Rezhim dostupa: <https://arxiv.org/html/2505.03979v1> (data obrashhenija: 08.06.2025).

8. Li, Linwei, et al. A Multi-Objective Emergency Vehicle Dispatching Model Considering Fairness and Risk // Applied Sciences. – 2024. – Т. 14, № 17. – С. 7433. – DOI: 10.3390/app14177433. (data obrashheniya: 20.02.2025). – Текст: elektronnyj.
9. Kelley, J. E., Walker, M. R. Critical-Path Planning and Scheduling // Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference. – 1959. (data obrashheniya: 20.02.2025). – Текст: elektronnyj.
10. A.V. Rybakov i dr. Metodicheskij podhod k racional'nomu raspredeleniju sil i sredstv dlja provedenija rabot na marshrutah jevakuacii naselenija // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity. – Himki: Akademija grazhdanskoj zashhity MChS Rossii, 2020. – № 4 (47). – С. 86-95.
11. Parhomchik Je.A. i dr. Metodicheskij podhod po obosnovaniju racional'noj gruppirovki sil i sredstv, privlekaemoj dlja likvidacii chrezvychajnoj situacii v voennoe vremja // Sb. n. tr. Modelirovanie slozhnyh processov i sistem. HHIX MNPK. – Himki: AGZ MChS Rossii, 2019. – С. 99-106.
12. Ventcel' E.S. Issledovanie operacij. – M.: Nauka, 1980. – 528 s.
13. Hidirljasov T.M. i dr. O metodike obosnovanija racional'nogo varianta raspredelenija sil grazhdanskoj oborony dlja provedenija avarijno-spasatel'nyh rabot pri razrushenii zdaniy / A.V. Rybakov, E.V. Ivanov [i dr.] // Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2023. – Т. 20, № 4(78). – С. 16-25.
14. Sharipov G.A. Obosnovanie metodicheskogo podhoda primenenija sil, privlekaemyh k likvidacii chrezvychajnyh situacij, svjazannyh s razrusheniem zdaniy i sooruzhenij // «Istoricheskie aspekty, aktual'nye problemy i perspektivy razvitija Gosudarstvennoj sistemy grazhdanskoj zashhity». Sbornik tezisev i dokladov MNPK. 13 marta 2025 g. – Kokshetau: GU «Akademija grazhdanskoj zashhity imeni Malika Gabdullina MChS Respubliki Kazahstan», 2025. – С. 341 – 345. [Elektronnyj resurs] – URL: [https:// agz.edu.kz/public/uploads/2024/NIC/sbornik\\_2025\\_red+.pdf](https://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NIC/sbornik_2025_red+.pdf) (data obrashheniya: 16.06.2025).

Ғ. А. Шәріпов

*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,  
Көкшетау, Қазақстан*

## ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ ҚИРАУЫМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ЖОЮ КЕЗІНДЕ АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУ КҮШТЕРІН БӨЛУ ҮДЕРІСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

*Аңдатпа.* Мақалада ғимараттар мен құрылыстардың қирауымен байланысты төтенше жағдайларды жою кезінде азаматтық қорғаудың мемлекеттік жүйесі күштерінің топтастырылуын (топтасуын) қолдануды оңтайландыру мәселелері қарастырылады. Төтенше жағдайларды жою күштерін қолданудың жеткіліксіз тиімділігі уақытша кідірістермен, ресурстардың шектеулілігімен және жұмыстарды жүргізудің қолайсыз жағдайларымен негізделетіні анықталды. Уақыт факторы, өнімділік және зардап шеккендерді құтқару ықтималдығы ескеріліп, күштерді жұмыстар учаскелері бойынша ұтымды бөлуге мүмкіндік беретін жүйелік талдау мен үлгілеуге негізделген әдістемелік тәсіл ұсынылған. Ұсынылған шешімдерді іске асыру авариялық-құтқару жұмыстарының нәтижелілігін арттыруға және ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде адам шығынын азайтуға бағытталған.

*Түйінді сөздер:* төтенше жағдай, күштер топтастырылуы, төтенше жағдайларды жою күштері, ұтымды нұсқа, талдау, ғимараттар мен құрылыстардың қирауы.

G. A. Sharipov

*Malik Gabdullin Civil Protection Academy of the MES of the Republic of Kazakhstan,  
Kokshetau, Kazakhstan*

## OPTIMIZATION OF CIVIL PROTECTION FORCE ALLOCATION IN THE ELIMINATION OF EMERGENCIES ASSOCIATED WITH THE COLLAPSE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

*Abstract.* This paper examines approaches to optimizing the deployment of force groupings within the national civil protection system during the response to emergencies caused by the collapse of buildings and structures. The study identifies that the limited effectiveness of emergency response forces is primarily due to time delays, resource constraints, and adverse operational conditions. A methodological framework is proposed, grounded in systems analysis and modeling, which enables the rational allocation of forces across operational sites, considering factors such as time, performance, and the probability of victim rescue. The implementation of the proposed solutions is directed towards enhancing the effectiveness of emergency rescue operations and reducing human losses in the event of building and structural failures.

*Keywords:* emergency, force grouping, response forces, optimal allocation, systems analysis, building and structural collapse.

### **Сведения об авторах / Information about the authors**

*Шарипов Габит Аубакирович* – Доктор PhD, ассоциированный профессор (доцент), профессор кафедры гражданской обороны и военной подготовки Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: agz.sharipov@mail.ru

*Gabit A. Sharipov* – Doctor of PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Civil Defense and Military Training at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: agz.sharipov@mail.ru