ӘОЖ: 355.588.2
ҒТАМР: 81.93.21

ШАРИПОВ Г.А.[1], ЖАЛЕЛОВ К.Н.[2], ДАУЛЕТОВ К.С.[3]

[1] техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент), Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы азаматтық қорғау Академиясының Азаматтық қорғаныс және әскери дайындық кафедрасының профессоры, полковник, Көкшетау қ.

[2] Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы азаматтық қорғау Академиясының Азаматтық қорғаныс және әскери дайындық кафедрасының аға оқытушысы, подполковник, Көкшетау қ.

[3] Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы азаматтық қорғау Академиясының Азаматтық қорғаныс жәнеә скери дайындық кафедрасының аға оқытушысы, майор, Көкшетау қ.

ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ ҚИРАУЫ КЕЗІНДЕ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ЖОЮҒА ТАРТЫЛАТЫН КҮШТЕРДІ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Андатпа. Мақалада ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде төтенше жағдайлардың салдарын жоюға тартылатын азаматтық қорғау күштерін қолдану тиімділігі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – уақыттық, ресурстық және технологиялық шектеулер жағдайында бөлімшелерді міндеттер бойынша бөлудің математикалық қойылымын негіздеу. Бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктері, міндеттердің орындалу ұзақтығы мен технологиялық реттілігі ескерілді. Оңтайландыру критерийі ретінде барлық міндеттердің орындалу уақытын барынша азайту қабылданды. Ұсынылған математикалық қойылым күштерді бөлудің рұқсат етілген нұсқаларын салыстыруға негіз болады.

Түйінді сөздер: авариялық-құтқару жұмыстар мен кезек күттірмейтін, азаматтық қорғау күштері, азаматтық қорғау шаралары, ғимараттар мен құрылыстардың бұзылуы, жедел әрекет ету, зардап шеккендер, төтенше жағдай.

ШАРИПОВ Г.А.[1], ЖАЛЕЛОВ К.Н.[2], ДАУЛЕТОВ К.С.[3]

[1] кандидат технических наук, асс. профессор (доцент), полковник, профессор кафедры гражданской обороны и военной подготовки, Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, г. Кокшетау

[2] подполковник, старший преподаватель кафедры гражданской обороны и военной подготовки, Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан

[3] майор, старший преподаватель кафедры гражданской обороны и военной подготовки, Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ, ПРИВЛЕКАЕМЫХ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается проблема оценки эффективности применения сил гражданской защиты, привлекаемых для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в

условиях разрушения зданий и сооружений. Цель исследования – обоснование математической постановки задачи распределения подразделений, привлекаемых для выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ, с учётом временных, ресурсных и технологических ограничений. В ходе исследования систематизированы функциональные возможности подразделений, продолжительность выполнения задач, технологическая последовательность проведения работ и ограничения, связанные с наличием доступных ресурсов. Для определения рационального варианта распределения сил принят критерий минимизации общего времени выполнения заданного комплекса аварийно-спасательных задач. Математически описаны условия назначения задач подразделениям, их функциональной пригодности и недопущения пересечения времени выполнения работ. Предложенная математическая постановка формирует теоретическую основу для сравнения допустимых вариантов распределения сил гражданской защиты.

***Ключевые слова**:* аварийно-спасательные и другие неотложные работы, силы гражданской защиты, мероприятия гражданской защиты, разрушение зданий и сооружений, оперативное реагирование, пострадавшие, чрезвычайная ситуация.

SHARIPOV G.A.[1], ZHALELOV K.N.[2], DAULETOV K.S.[3]

[1] *Doctor of PhD, Associate Professor (docent), Professor Department of Civil Defense and Military Training, Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan*

[2] *Senior Lecturer, Department of Civil Defense and Military Training, Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau*

[3] *Senior Lecturer, Department of Civil Defense and Military Training, Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau*

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF DEPLOYING FORCES INVOLVED IN EMERGENCY RESPONSE DURING THE COLLAPSE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

***Annotation**.* The article examines the problem of assessing the effectiveness of civil protection forces involved in mitigating the consequences of emergencies caused by the collapse of buildings and structures. The aim of the study is to substantiate a mathematical formulation of the problem of assigning units to emergency rescue and other urgent tasks, taking into account time, resource, and technological constraints. The study systematizes the functional capabilities of response units, task completion times, the technological sequence of operations, and constraints associated with available resources. To determine a rational allocation of forces, the minimization of the total completion time of a specified set of emergency rescue tasks is adopted as the optimization criterion. The conditions governing task assignments, the functional suitability of units, and the prevention of overlapping task execution times are mathematically formulated. The proposed mathematical formulation provides a theoretical basis for comparing feasible alternatives for allocating civil protection forces.

***Keywords**:* emergency rescue and other urgent operations, civil protection forces, civil protection measures, collapse of buildings and structures, operational response, affected persons, emergency.

Кіріспе.

Қазақстан Республикасының ұлттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесінде халықтың өмірі мен денсаулығын, стратегиялық маңызы бар объектілерді және

тіршілікті қамтамасыз ету инфрақұрылымын табиғи, техногендік және әскери сипаттағы қатерлерден қорғау маңызды орын алады. Әскери қақтығыстар мен төтенше жағдайлар (бұдан әрі – ТЖ) салдарынан ғимараттар мен құрылыстардың қирауы халықтың қауіпсіздігіне қатер төндіріп, әлеуметтік-экономикалық тұрақтылыққа және тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерінің үздіксіз жұмыс істеуіне кері әсер етуі мүмкін. Осындай жағдайларда азаматтық қорғау жүйесінің жедел әрекет ету қабілеті мен авариялық-құтқару жұмыстарының (бұдан әрі – АҚЖ) нәтижелілігі ұлттық қауіпсіздіктің маңызды құрамдас бөлігі болып табылатын қоғамдық қауіпсіздікті қамтамасыз етумен тікелей байланысты [1, 2]. Сондықтан шектеулі ресурстар жағдайында ТЖ салдарын жоюға тартылатын күштерді ұтымды бөлу және оларды қолдану тиімділігін сандық бағалау ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесінің тұрақтылығын арттыруға бағытталған өзекті ғылыми міндеттердің бірі болып табылады.

Негізгі бөлім.

Ұлттық қауіпсіздікке әсер ететін табиғи, техногендік және әскери сипаттағы қатерлердің ықтимал салдарының бірі – ғимараттар мен құрылыстардың қирауы, адамдардың зардап шегуі, инженерлік коммуникациялар мен тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерінің бұзылуы [3, 4]. Мұндай жағдайлар халықтың қауіпсіздігімен қатар, маңызды инфрақұрылым объектілерінің тұрақты жұмыс істеуіне және төтенше жағдайлар кезінде мемлекеттік басқару жүйесінің жедел әрекет ету мүмкіндіктеріне әсер етуі мүмкін. Халықты зақымдаушы факторлардан қорғаудың әдістемелік мәселелері ғылыми еңбектерде қарастырылған [5]. Авариялық-құтқару жұмыстары мен кезек күттірмейтін жұмыстар (бұдан әрі – АҚЖКҚЖ) қираған конструкциялардың орнықтылығын бағалауды, зардап шеккендерді құтқаруды, үйінділерді аршуды және қауіпті инженерлік жүйелерді ажыратуды қамтиды [3, 6]. Осы жұмыстарды уақтылы ұйымдастыру азаматтық қорғау жүйесінің төтенше жағдайларға ден қою қабілетін қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады.

Ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің азаматтық қорғау саласындағы міндеттерін орындау ТЖ салдарын жоюға тартылатын күштердің дайындық деңгейіне, олардың функционалдық мүмкіндіктеріне және қолда бар ресурстарды тиімді пайдалануға байланысты. Әсіресе бірнеше объектіде бір мезгілде АҚЖКҚЖ жүргізу қажеттілігі туындаған жағдайда бөлімшелер санының шектеулілігі, жұмыстардың технологиялық өзара тәуелділігі және оларды орындау мерзімдері күштерді бөлудің ұтымды нұсқасын таңдауды талап етеді. Сондықтан АҚЖКҚЖ жоспарлау кезінде міндеттердің көлемін, бөлімшелердің өнімділігін, технологиялық реттілікті және ресурстық шектеулерді біртұтас математикалық модельде

қарастыру маңызды. Мұндай тәсіл күштерді бөлу нұсқаларын белгіленген тиімділік критерийі бойынша салыстыруға және төтенше жағдайларға ден қою жүйесінің уақыттық мүмкіндіктерін бағалауға жағдай жасайды [7, 8].

Зерттеу әдістемесі.

Қазіргі қарулы қақтығыстар жағдайында ғимараттар мен құрылыстардың зақымдануы азаматтық инфрақұрылым мен халық қауіпсіздігіне қатер төндіреді [9, 10]. Заманауи әскери қауіп-қатерлер, оның ішінде жедел жаһандық соққы тұжырымдамасы ғылыми зерттеулерде қарастырылған [11]. Қалалық құрылыстың тығыздығы, инженерлік коммуникациялардың өзара байланысы, зақымданған объектілердің орналасуы, оларға жету мүмкіндігі және үйінділердің көлемі АҚЖ жағдайларын күрделендіреді [3]. Аталған факторлар міндеттердің орындалу ұзақтығына және күштерді жұмыс учаскелері арасында бөлу шарттарына әсер етеді.

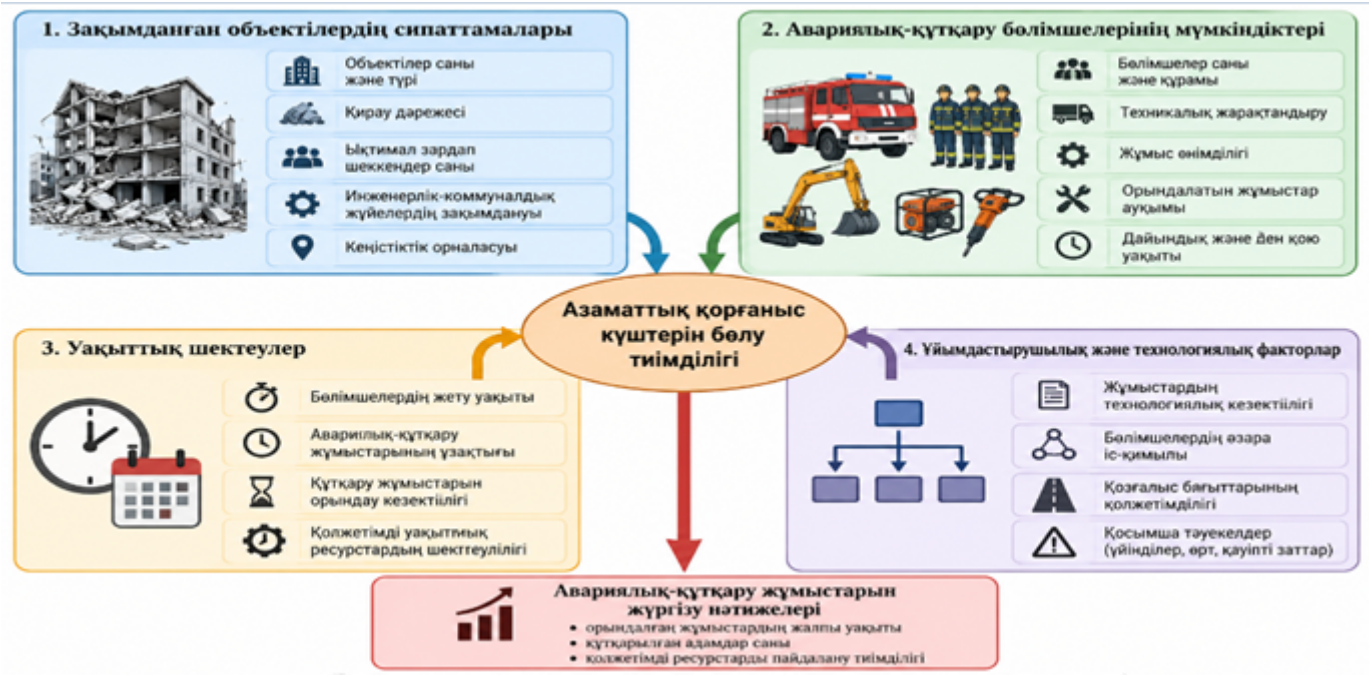
Қарулы қақтығыстар мен ТЖ кезінде инфрақұрылымның зақымдану сипаты мен ауқымы нақты жағдайларға байланысты өзгереді. Сондықтан АҚЖККЖ жоспарлау кезінде зақымданған объектілердің жай-күйін, міндеттердің көлемін және қажетті ресурстарды анықтау маңызды. Бірнеше объектіде жұмыстарды қатар жүргізу жағдайында күштерді бөлу нұсқалары уақыттық, ресурстық және технологиялық шектеулерді ескере отырып бағаланады. Негізгі тиімділік критерийі – жұмыстардың жалпы орындалу уақытын барынша азайту. Шұғыл көмекке мұқтаж зардап шеккендерді құтқару кезектілігін [12] математикалық модельде ескеру кейінгі зерттеулердің бағыты болып табылады.

Қалалық құрылыстың тығыздығы, көлік желісінің өткізу қабілеті және жол инфрақұрылымының зақымдануы АҚ бөлімшелерінің оқиға орнына жету уақытын ұлғайтып, жұмыстарды ұйымдастыруды күрделендіруі мүмкін. Сондықтан күштерді қолдануды жоспарлау кезінде бөлімшелердің бастапқы орналасуын, объектілерге жету уақытын, ресурстық шектеулерді және жұмыстардың технологиялық реттілігін ескеру қажет [13]. Аталған факторлар күштерді бөлу нұсқаларын бағалаудың бастапқы шарттарын анықтауға және математикалық модельді нақтылауға негіз болады.

Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде бірнеше объектіде авариялық-құтқару жұмыстарын қатар жүргізу қажеттілігі туындауы мүмкін. Бөлімшелердің саны мен техникалық мүмкіндіктерінің шектеулілігі, жұмыс көлемдерінің әркелкілігі және міндеттердің технологиялық реттілігі күштерді бөлуді күрделендіреді [6, 8]. Сондықтан олардың тиімділігін бағалау кезінде объектілердің сипаттамаларын, бөлімшелердің өнімділігін, міндеттердің орындалу ұзақтығын және ресурстық шектеулерді өзара байланыста қарастыру қажет.

Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде күштерін қолдану тиімділігі зақымданған объектілердің сипаттамаларына, бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктеріне, уақыттық және ұйымдастырушылық-технологиялық шектеулерге байланысты. Бұл факторлардың өзара байланысы оларды кешенді бағалауды талап етеді. Сондықтан олардың авариялық-құтқару міндеттерінің орындалу ұзақтығына әсерін анықтау маңызды [3, 4]. Күштерді бөлу тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар 1-суретте көрсетілген.

Құрылыс конструкциялары мен инженерлік-коммуналдық жүйелердің зақымдануы АҚЖККЖ құрамы мен көлемін анықтайды. Қирау дәрежесі, үйінділер көлемі, объектілердің орналасуы және қауіпті факторлар жұмыс жағдайлары мен ресурстық қажеттілікке әсер етеді. Сондықтан жоспарлау кезінде әрбір объектідегі жұмыс көлемін, қажетті күштер мен құралдарды және міндеттердің болжамды орындалу ұзақтығын анықтау қажет. Бұл көрсеткіштер күштерді бөлу нұсқаларын сандық бағалаудың бастапқы деректері болып табылады.



Сурет 1 – Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы жағдайында азаматтық қорғау күштерін бөлу тиімділігіне әсер ететін факторлар

Қазақстан Республикасының «Азаматтық қорғау туралы» Заңына [1] сәйкес күштеріне әскери бөлімдер, АҚ және өртке қарсы қызметтер, азаматтық қорғау құралымдары, уәкілетті органның авиациясы мен теңіз ұйымы, сондай-ақ байқау, бақылау және болжау қызметтері кіреді. Олардың мамандануы, техникалық жарақтандырылуы және жұмыс мүмкіндіктері әртүрлі. Сондықтан бөлімшелерді міндеттер бойынша бөлу кезінде олардың функционалдық жарамдылығын, жұмыс өнімділігін, оқиға орнына жету уақытын және тиісті шектеулерді ескеру қажет.

Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде күштерінің мүмкіндіктері ТЖ ауқымына, зақымданған объектілер саны мен жұмыс көлеміне байланысты шектеледі. Бөлімшелердің саны, мамандануы және техникалық мүмкіндіктері барлық міндеттерді бір мезгілде орындауға жеткіліксіз болуы мүмкін. Шектеулі кадрлық ресурстар жағдайында әскери құралымдарды ұтымды жасақтау тәсілдері ғылыми зерттеулерде қарастырылған [14].

Күштерді бөлу нұсқалары міндеттердің басталу және аяқталу уақыттары бойынша ерекшеленеді [7, 15]. Сондықтан зерттеудің ғылыми мәселесі ресурстық шектеулер мен АҚ міндеттерінің ерекшеліктерін ескере отырып, күштерді бөлудің ықтимал нұсқаларын объективті бағалауға негізделеді.

Азаматтық қорғау күштерін ұтымды бөлу үшін АҚ міндеттерінің жиынын, бөлімшелердің құрамын, функционалдық мүмкіндіктерін және жұмыс өнімділігімен анықталатын міндеттердің орындалу ұзақтығын сипаттау қажет. Бұл ретте ресурстық шектеулер, бөлімшелердің қолжетімділігі мен функционалдық жарамдылығы және жұмыстардың технологиялық реттілігі ескеріледі. Аталған шарттар рұқсат етілген шешімдер жиынын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Күштерді бөлудің негізгі тиімділік критерийі ретінде барлық міндеттердің аяқталу уақыттарының ең үлкен мәнін барынша азайту қабылданады. Математикалық есеп осы критерий бойынша күштерді бөлудің ұтымды нұсқасын анықтауға бағытталған.

Авариялық-құтқару міндеттерінің аяқталу уақыты олардың басталу мезетіне, бөлімшелердің жұмыс өнімділігіне және технологиялық реттілігіне байланысты. Жұмыстарды қатар немесе кезектесіп орындау мүмкіндігін ескере отырып, олардың жалпы ұзақтығын барынша азайту міндеттердің аяқталу уақыттарының ең үлкен мәнін минимизациялау арқылы жүзеге асырылады [8, 15]. Осыған сәйкес мақсаттық функция (1) өрнегімен анықталады:

$$T^* = \min_{(x,s)\in\mathcal{F}} \max_{j=1,\dots,M} \left[s_j \sum_{i=1}^{N} p_{ij}\, x_{ij} \right]. \qquad (1)$$

мұндағы T^* – АҚЖККХ белгіленген кешенін орындаудың ең аз жалпы уақыты;
N – жұмыстарды орындауға тартылатын азаматтық қорғау бөлімшелерінің саны;
M – орындалуға тиіс міндеттердің жалпы саны;
i – азаматтық қорғау бөлімшесінің реттік нөмірі, $i = 1,2,\dots,N$;
j – АҚ міндетінің реттік нөмірі, $j = 1,2,\dots,M$;
s_j – j-міндетті орындаудың басталу уақыты;
p_{ij} – j-міндетті i-бөлімшенің орындау ұзақтығы;
x_{ij} – i-бөлімшені j-міндетке тағайындауды сипаттайтын екілік айнымалы;
$\mathcal{F}$ – ресурстық, уақыттық және технологиялық шектеулерді қанағаттандыратын рұқсат етілген шешімдер жиыны;
min – АҚК жалпы орындалу уақытын барынша азайту операторы;
max – барлық міндеттердің аяқталу уақыттары арасындағы ең үлкен мәнді операторы.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{егер } i\text{-бөлімше } j\text{-міндетті орындауға тағайындалса;} \\ 0. & \text{кері} \end{cases}$$

Формула (1) бойынша АҚЖККЖ жалпы ұзақтығы міндеттердің аяқталу уақыттарының ең үлкен мәнімен анықталады. Күштерді бөлудің ұтымды нұсқасын таңдау үшін бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктерін, ресурстық шектеулерді және жұмыстардың технологиялық реттілігін ескеретін рұқсат етілген шешімдер жиынын қалыптастыру қажет.

Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде авариялық-құтқару міндеттері технологиялық өзара тәуелділікпен сипатталады. Кейінгі міндет алдыңғысы толық аяқталғаннан кейін ғана басталуы мүмкін [6, 16]. Бұл реттілікті қамтамасыз ететін міндеттердің басталу және аяқталу уақыттары арасындағы байланыс (2) шектеуімен сипатталады:

$$s_j \geq s_k + \sum_{i=1}^{N} p_{ik}\, x_{ik}, \qquad (k,j) \in E \qquad (2)$$

мұндағы s_j – j-міндетті орындаудың басталу уақыты;
s_k – k-міндетті орындаудың басталу уақыты;
p_{ik} – k-міндетті i-бөлімшенің орындау ұзақтығы;
x_{ik} – i-бөлімшенің k-міндетті орындауға тағайындалуын сипаттайтын екілік айнымалы;
N – АҚЖ тартылатын бөлімшелердің жалпы саны;
E – міндеттердің технологиялық орындалу реттілігін анықтайтын реттелген жұптар жиыны, мұндағы $(k,j) \in E$ шарты k-міндеттің j-міндеттен бұрын орындалуға тиіс екенін білдіреді;
k және j – өзара технологиялық тәуелді міндеттердің индекстері.

Формула (2) технологиялық тәуелді міндеттердің орындалу реттілігін қамтамасыз етеді. $(k,j)\in E$ болған жағдайда j-міндет пен k-міндет толық аяқталғаннан кейін басталады. Бұл ретте k-міндеттің аяқталу уақыты оның басталу

мезеті мен орындалу ұзақтығының қосындысымен анықталады. Осы шектеу технологиялық реттілікті бұзатын шешімдерді болдырмайды.

Формула (2) әрбір міндет бір бөлімшеге тағайындалған жағдайда қолданылады. Бұл шарт (3) өрнегімен анықталады, ал $(k,j)\in E$ қатынасы k-міндеттің j-міндеттен бұрын орындалуын білдіреді:

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ik} = 1, \qquad x_{ik} \in \{0,1\}$$

Сонымен қатар E жиынындағы (k, j) жұбы k-міндеттің j-міндеттен бұрын орындалуы қажеттігін білдіреді.

Формула (2) міндеттердің технологиялық реттілігін реттейді, бірақ бір бөлімшенің бірнеше міндетті қатар орындауын шектемейді. Сондықтан рұқсат етілген шешімдерді қалыптастыру үшін бөлімшелердің уақыт бойынша жұмыспен қамтылуын ескеретін қосымша шектеулер қажет.

Авариялық-құтқару міндеттерінің технологиялық реттілігімен қатар, оларды бөлімшелер арасында бөлу шарттарын анықтау қажет. Математикалық модельде әрбір міндет тек бір бөлімшеге тағайындалады [15], бұл қайталануды болдырмайды. Бөлімшелердің функционалдық жарамдылығы жеке шектеумен ескеріледі. Міндеттерді тағайындау шарты (3) өрнегімен сипатталады:

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ij} = 1, \qquad j = 1,2,\dots,M \qquad (3)$$

мұндағы x_{ij} – i-бөлімшені j-міндетті орындауға тағайындауды сипаттайтын екілік айнымалы;
N – АҚ жұмыстарын орындауға тартылатын бөлімшелердің жалпы саны;
M – орындалуға тиіс міндеттердің жалпы саны;
i – бөлімшенің реттік нөмірі;
j – авариялық-құтқару міндетінің реттік нөмірі.

Формула (3) әрбір міндеттің тек бір бөлімшеге тағайындалуын қамтамасыз етеді. Мұндағы $x_{ij} = 1$ бөлімшенің міндетке тағайындалғанын, ал $x_{ij} = 0$ тағайындалмағанын білдіреді. Бұл шарт барлық міндеттердің толық қамтылуын және қайталанып тағайындалмауын қамтамасыз етеді.

Азаматтық қорғау бөлімшелерін міндеттер бойынша бөлу кезінде ресурстардың жеткіліктілігін бағалау қажет [4, 8]. Егер біртекті ресурс есептік кезеңде міндеттер арасында қайта бөлінбесе, оған жиынтық қажеттілік қолда бар мөлшерден аспауға тиіс. Бұл шектеу (4) өрнегімен сипатталады:

$$\sum_{j=1}^{M} r_j \le R, \qquad (4)$$

мұндағы $r_j - j$-міндетті орындауға қажетті біртекті ресурс мөлшері;
R – қарастырылатын есептік кезеңде қолда бар ресурс түрінің жалпы мөлшері;
M – орындалуға тиіс авариялық-құтқару міндеттерінің саны;
j – міндеттің реттік нөмірі.

Формула (4) біртекті ресурсқа жиынтық қажеттіліктің қолда бар мөлшерден аспауын қамтамасыз етеді. Бұл шектеу есептік кезеңдегі ресурстардың жеткіліктілігін және белгіленген міндеттерді орындаудың ресурстық мүмкіндігін бағалауға арналған.

Ресурстық параметрлердің теріс мән қабылдамауын қамтамасыз ететін (5) шарттары енгізіледі:

$$r_j \ge 0, \qquad R \ge 0, \qquad j = 1,2,\dots,M, \qquad (5)$$

Формула (5) шартында r_j және R шамалары нақты физикалық ресурстық параметрлердің теріс мән қабылдамауын қамтамасыз етеді. Сондықтан олардың мәндері нөлге тең немесе оң болуы тиіс. Бұл шарт бастапқы деректердің физикалық мағынаға сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Авариялық-құтқару жұмыстарын жоспарлау кезінде міндеттердің орындалу барысын кезеңдік бағалау үшін есептік уақыт аралықтары белгіленеді. Бірінші аралықтың аяқталу мезеті (6) өрнегімен анықталады:

$$T_1 = T_0 + \Delta t, \qquad (6)$$

мұндағы T_0 – АҚ жұмыстарын жоспарлаудың бастапқы уақыт мезеті;
T_1 – бірінші есептік уақыт аралығының аяқталу мезеті;
Δt – есептеу кезінде қабылданған уақыт қадамы, $\Delta t > 0$.

Әрбір есептік аралық аяқталғаннан кейін орындалған жұмыстар, бөлімшелердің қолжетімділігі және қалған міндеттер бойынша бастапқы деректер нақтыланады. Бұл ТЖ Жоспарлау кезеңінде әрбір есептік аралық алдыңғысы аяқталған сәттен басталады, ал уақыт қадамы Δt тұрақты болады. Аралықтардың шекаралары (7) рекуррентік қатынасымен анықталады:

$$T_k = T_{k-1} + \Delta t, \qquad k = 1,2,\dots,K \qquad (7)$$

мұндағы $T_k - k$-есептік уақыт аралығының аяқталу мезеті;
T_{k-1} – алдыңғы есептік уақыт аралығының аяқталу мезеті;
Δt – есептеу кезінде қабылданған тұрақты уақыт қадамы, $\Delta t > 0$;
k – есептік уақыт аралығының реттік нөмірі;
K – қарастырылатын жоспарлау кезеңіндегі есептік уақыт аралықтарының жалпы саны;
T_0 – жоспарлаудың бастапқы уақыт мезеті.

Формула (7) есептік уақыт аралықтарының шекараларын анықтайды, алайда күштерді қайта бөлудің ұтымды нұсқасын таңдауды қамтамасыз етпейді. Бұл үшін

қосымша математикалық тәуелділіктер мен шектеулер қажет.

ТЖ жою кезінде күштерінің өзара іс-қимылы жедел ахуалдың өзгеруіне уақтылы ден қоюды, міндеттерді бөлуді және ресурстарды үйлестіруді талап етеді [4, 13]. Күштерді қолдануды жоспарлау үшін жедел ахуалды, міндеттердің технологиялық реттілігін, бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктерін және ресурстық қамтамасыз етілуін бағалау қажет. Бұл мәліметтер математикалық модельдің бастапқы параметрлерін қалыптастыруға және жағдай өзгерген кезде нақтылауға негіз болады. Осы мақсатта мынадай міндеттер шешіледі:

- ТЖ аймағындағы жедел ахуалды бағалау және нақтылау;
- АҚ міндеттерінің құрамы, басымдығы мен реттілігін анықтау;
- АҚ, өртке қарсы, инженерлік және өзге де бөлімшелердің өзара іс-қимылын үйлестіру;
- ресурстардың қолжетімділігін және жұмыстардың орындалуын бақылау;
- ахуал өзгергенде міндеттердің мерзімдерін нақтылау және күштерді қайта бөлу қажеттілігін бағалау.

Осы міндеттерді орындау нәтижелері күштерді бөлу моделінің бастапқы параметрлерін қалыптастыруға және ахуал өзгергенде нақтылауға негіз болады.

Күштерін бөлудің математикалық моделін қалыптастыру үшін міндеттер мен бөлімшелер жиындарын, олардың технологиялық тәуелділігін, функционалдық мүмкіндіктерін және қолдану шектеулерін анықтау қажет.

ТЖ жоюға жауапты басқару органы анықтайтын авариялық-құтқару міндеттерінің жиыны $j = 1,2, \ldots, M$ түрінде белгіленеді, мұндағы M – міндеттердің жалпы саны, ал әрбір $j \in J$ нақты жұмыс учаскесіндегі жеке міндетті сипаттайды. Оларды орындауға тартылатын азаматтық қорғау бөлімшелері $i = 1,2, \ldots, N$ түрінде беріледі, мұндағы N – бөлімшелердің жалпы саны.

Авариялық-құтқару міндеттерінің технологиялық тәуелділігі J жиынындағы $k<j$ қатынасымен сипатталады, яғни j-міндет k-міндет толық аяқталғаннан кейін ғана басталады. Міндеттердің орындалу реттілігі бағытталған циклдері жоқ граф арқылы беріледі. Тікелей технологиялық тәуелділіктер (k, j) реттелген жұптарынан тұратын E жиынымен анықталады:

Міндеттердің басталу және аяқталу уақыттарына қойылатын (2) шектеуі технологиялық реттелген $E=\{(k,j) \in J \times J | k<j\}$ жұптары жиынымен анықталады.

АҚ міндеттері қираған объектінің сипаттамаларына, жұмыс технологиясына және бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктеріне байланысты бір немесе бірнеше операциядан тұрады. Оларға объектіні барлау, конструкциялардың орнықтылығын бағалау, үйінділерді аршу, зардап шеккендерді іздестіру және құтқару жатады [3, 6]. Әрбір операция техникалық жарақтандыру талаптарымен,

жұмыс өнімділігімен және орындалу ұзақтығымен сипатталады. Бұл көрсеткіштер міндеттердің есептік орындалу ұзақтығын алдын ала бағалауға негіз болады.

Әрбір авариялық-құтқару міндетіндегі технологиялық операциялардың орындалу реттілігі O_j жиынында енгізілген $<_j$ қатаң ішінара реттілік қатынасымен сипатталады. $l <_j m$ шарты бойынша m-операция l-операция толық аяқталғаннан кейін басталады. Технологиялық тәуелсіз операциялар ресурстар жеткілікті болған жағдайда қатар орындалуы мүмкін. Бұл қатынас міндеттердің ішкі құрылымын сипаттауға және олардың орындалу ұзақтығын алдын ала бағалауға мүмкіндік береді.

Авариялық-құтқару міндеттерінің орындалу ұзақтығын бағалау үшін технологиялық операциялардың құрамын, жұмыс көлемін және реттілігін анықтау қажет. Операциялардың ұзақтығы бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктеріне, техникалық жарақтандырылуына және өнімділігіне байланысты [3, 7]. Бірізді операциялардың жалпы ұзақтығы жеке ұзақтықтарының қосындысымен анықталады, ал қатар орындалатын операциялар үшін технологиялық тәуелділік пен ресурстық шектеулер ескеріледі. Бұл көрсеткіштер күштерді бөлу моделінде міндеттердің орындалу ұзақтығын бастапқы параметр ретінде бағалауға негіз болады.

Ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде авариялық-құтқару міндеттерін орындау бөлімшелерді тағайындауды және жұмыстардың реттілігін анықтауды талап етеді. Математикалық модельде бір бөлімше бірнеше міндетті кезектесіп орындай алады, бірақ оларды бір мезгілде орындауға жол берілмейді. Технологиялық тәуелді міндеттердің реттілігі сақталып, бір бөлімшеге тағайындалған жұмыстардың орындалу уақыттары қабаттаспауы тиіс. Бұл шарттар бөлімшелердің уақыттық жүктемесін ескеруге және рұқсат етілген шешімдер жиынын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Авариялық-құтқару міндеттерін орындау бөлімшелерді тағайындауды және жұмыстардың реттілігін анықтауды талап етеді. Математикалық модельде бір бөлімше бірнеше міндетті кезектесіп орындай алады, бірақ өзара үйлеспейтін жұмыстардың уақыт бойынша қабаттасуына жол берілмейді. Технологиялық реттілік пен бөлімшелердің жұмыспен қамтылуын ескеру рұқсат етілген шешімдер жиынын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Бөлімшелердің міндеттерді орындауға функционалдық жарамдылығын сипаттау үшін екілік параметр енгізіледі [7, 8]:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{егер } i\text{-бөлімше } j\text{-міндетті орындай алса;} \\ 0, & \text{кері жағдайда.} \end{cases} \quad (8)$$

мұндағы b_{ij} – i-бөлімшенің j-міндетті орындауға функционалдық жарамдылығын сипаттайтын екілік параметр;
i – азаматтық қорғау бөлімшесінің реттік нөмірі;
j – авариялық-құтқару міндетінің реттік нөмірі.

Формуладағы (8) өрнегіне сәйкес $b_{ij} = 1$ мәні бөлімшенің қарастырылатын міндетті орындауға қажетті функционалдық мүмкіндіктері бар екенін, ал $b_{ij} = 0$ мәні бөлімшенің аталған міндетті орындауға қажетті мүмкіндіктерге ие еместігін білдіреді. Бұл параметр күштерді бөлу кезінде бөлімшелердің мамандануы мен техникалық жарақтандырылуын ескеруге мүмкіндік береді.

Функционалдық тұрғыдан жарамсыз бөлімшені тиісті міндетке тағайындауға жол берілмейді. Осы шартты қамтамасыз ету үшін тағайындаудың екілік айнымалылары мен функционалдық жарамдылық параметрлерінің байланысы (9) шектеуімен сипатталады:

$$x_{ij} \le b_{ij}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M, \quad (9)$$

мұндағы x_{ij} – i-бөлімшені j-міндетті орындауға тағайындауды сипаттайтын екілік айнымалы;
b_{ij} – аталған бөлімшенің осы міндетті орындауға функционалдық жарамдылығын сипаттайтын екілік параметр.

Формула (9) бойынша $a_{ij} = 0$ болса, $x_{ij} = 0$, яғни функционалдық тұрғыдан жарамсыз бөлімше міндетке тағайындалмайды. Ал $a_{ij} = 1$ болғанда тағайындау ресурстық, уақыттық және технологиялық шектеулерге байланысты анықталады.

Бөлімшелердің функционалдық жарамдылығымен қатар, уақыттық жүктемесі де ескеріледі. Базалық модельде әрбір бөлімше бір мезгілде тек бір міндетті орындай алады [15, 17]. Бір бөлімшеге тағайындалған міндеттердің орындалу уақыттарының қабаттасуын болдырмау үшін (10) шектеуі енгізіледі:

$$x_{ij} = x_{ik} = 1 \Rightarrow (s_k \ge s_j + p_{ij}) \vee (s_j \ge s_k + p_{ik}), \quad i \in I, \quad j,k \in J, \quad j < k. \quad (10)$$

мұндағы s_j және s_k – тиісінше j және k міндеттерін орындаудың басталу уақыттары;
p_{ij} және p_{ik} – аталған міндеттерді i-бөлімшенің орындау ұзақтықтары;
x_{ij} және x_{ik} – бөлімшенің тиісті міндеттерге тағайындалуын сипаттайтын екілік айнымалылар.

Формула (10) шектеуіне сәйкес j және k міндеттері бір бөлімшеге тағайындалған жағдайда олардың орындалу уақыттары өзара қабаттаспауы тиіс.

Жүргізілген талдау негізінде ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде АҚЖККЖ тартылатын азаматтық қорға күштерін бөлудің математикалық қойылымы қалыптастырылды. Модель бөлімшелердің функционалдық жарамдылығын,

міндеттердің орындалу ұзақтығы мен технологиялық реттілігін, ресурстық және уақыттық шектеулерді ескереді. Оңтайландыру критерийі ретінде барлық міндеттердің аяқталуына дейінгі жалпы уақытты барынша азайту қабылданды. Бұл күштерді бөлудің рұқсат етілген нұсқаларын салыстырып, ұтымдысын таңдауға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің маңызды бағыттарының бірі болып табылатын азаматтық қорғау жүйесінде ғимараттар мен құрылыстардың қирауы кезінде АҚЖККЖ тартылатын күштерді бөлу тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар жүйеленді. Зақымданған объектілердің сипаттамалары, бөлімшелердің функционалдық мүмкіндіктері, ресурстық және уақыттық шектеулер мен міндеттердің технологиялық тәуелділігі негізінде математикалық модельдің бастапқы параметрлері айқындалды. Аталған нәтижелер халықты қорғау және төтенше жағдайлардың салдарын жою жөніндегі міндеттерді жоспарлаудың ғылыми-әдістемелік негізін дамытуға бағытталған.

Азаматтық қорғау күштерін бөлудің математикалық қойылымы барлық міндеттердің аяқталуына дейінгі жалпы уақытты барынша азайту критерийіне негізделді. Ұсынылған модель әрбір міндетті бір бөлімшеге тағайындауды, технологиялық реттілікті, функционалдық жарамдылықты және жұмыс уақыттарының қабаттаспауын ескере отырып, күштерді бөлудің рұқсат етілген нұсқаларын сандық салыстыруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл ұлттық қауіпсіздікке ықпал етуі мүмкін төтенше жағдайлар кезінде азаматтық қорғау күштерін қолдануды жоспарлау және олардың уақыттық мүмкіндіктерін бағалау үшін ғылыми-әдістемелік негіз ретінде қарастырылуы мүмкін.

Зерттеуде қалыптастырылған математикалық модельдің қолданылуы міндеттерді бір бөлімшеге тағайындау, олардың орындалу ұзақтығы мен технологиялық тәуелділігін алдын ала анықтау болжамдарымен шектеледі. Жедел ахуалдың өзгеруі мен бөлімшелердің бірлескен жұмысы қарастырылмаған. Сондықтан модельдің практикалық тиімділігін және азаматтық қорғау жүйесінің төтенше жағдайларға ден қою мүмкіндіктеріне ықпалын бағалау үшін есептік эксперименттер жүргізу, бастапқы параметрлерді тексеру және нәтижелерді қолданыстағы тәсілдермен салыстыру қажет. Кейінгі зерттеулерде жедел ахуалдың өзгерісін, бөлімшелердің бірлескен әрекеттерін және міндеттердің басымдығын ескеру арқылы ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мүддесінде азаматтық қорғау күштерін қолдануды жоспарлау тәсілдерін одан әрі жетілдіру көзделеді.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Закон Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК. «О гражданской защите». [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188 (дата обращения: 08.10.2026).
2. Бахтиярова О.Н. Методический подход к обоснованию рационального способа защиты населения от поражающих факторов при применении обычных средств поражения / О.Н. Бахтиярова, А.А. Глушаченков, В.Ю. Казаков, О.В.Шарыкина // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 1 (40). – С. 19–24.
3. Шарипов Г.А., Мазаник А.И., Рыбаков А.В. Анализ проблемной ситуации применения сил при проведении аварийно-спасательных работ в условиях разрушения зданий и сооружений / Г.А. Шарипов, А.И. Мазаник, А.В. Рыбаков // Технологии гражданской безопасности. – 2025. – Т. 22, № 3 (85). – С. 45–50.
4. Гарелина С.А., Скрынников А.Ю., Шарипов Г.А. Нормативно-правовые и концептуальные основы оптимизации взаимодействия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций / С.А. Гарелина, А.Ю. Скрынников, Г.А. Шарипов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 4 (67). – С. 66–76.
5. Баринов А.В. Постановка задачи исследования по защите населения от поражающих факторов при применении обычных средств поражения / А.В. Баринов, В.Ю. Казаков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2016. – № 2 (29). – С. 66–70.
6. Хидирлясов Т.М. О методике обоснования рационального варианта распределения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных работ при разрушении зданий / Т.М. Хидирлясов, А.В. Рыбаков, Е.В. Иванов, и др. // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 4 (78). – С. 16–25. EDN: VDRFFK. https://vniigochs.ru/upload/iblock/41b/45og0tzb2pqnq1y679szshx4vczx5sbz/tgb_text_4_2023-016-025.pdf
7. Шарипов Г.А. Оптимизация распределения сил гражданской защиты при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением зданий и сооружений // Наука и образование в гражданской защите. – 2025. – № 4 (60). – С. 51–65. https://agz.edu.kz/public/uploads/2024/vestnik/4_60/51_65.pdf
8. Гарелина С.А. Теоретические основы рационального распределения сил ликвидации чрезвычайных ситуаций в многозонной структуре объекта аварийно-спасательных и других неотложных работ / С.А. Гарелина, А.Ю. Скрынников, Г.А. Шарипов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2026. – № 1–2 (211–212). – С. 38–46. DOI:

10.53816/23061456_2026_1-2_38. EDN: NLETFE.

9. Nearly half of Mariupol has suffered grave damage // The Economist. – 2022. – 23 April. – URL: https://www.economist.com/graphic-detail/2022/04/23/nearly-half-of-mariupol-has-suffered-grave-damage (дата обращения: 09.10.2026).
10. За десять лет войны в Сирии были убиты почти 307 тысяч мирных жителей – полтора процента всего населения страны // Новости ООН. – 2022. – URL: https://news.un.org/ru/story/2022/06/1426772 (дата обращения: 09.10.2026).
11. Краснослободцев В.П., Раскин А.В., Савельев С.С., Купач О.С. Анализ возможности по реализации США концепции быстрого глобального удара // Стратегическая стабильность. – 2014. – № 2 (67). – С. 67–69.
12. Гарелина С.А. Методика обоснования параметров приоритета реагирования сил ликвидации чрезвычайных ситуаций при одновременном разрушении зданий и сооружений / С.А. Гарелина, А.Ю. Скрынников, Г.А. Шарипов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2026. – № 1 (40). – С. 60–80. DOI: 10.34987/2500-4026-2026-1-60-80.
13. Шарипов Г.А. Методика динамического распределения сил ликвидации чрезвычайных ситуаций между объектами проведения аварийно-спасательных работ и неотложных работ / Г.А. Шарипов, С.А. Гарелина, А.Ю. Скрынников // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2026. – № 5–6 (215–216). – С. 78–86. DOI: 10.53816/23061456_2026_5-6_78. EDN: UXMHKV.
14. Ногин Р.О. Методический подход к обоснованию рационального варианта комплектования воинских формирований личным составом в условиях применения противником обычных средств поражения / Р.О. Ногин, И.М. Колмычков, А.И. Мазаник, А.А. Котов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 1 (44). – С. 81–88.
15. Шарипов Г.А. Алгоритм рационального распределения сил ликвидации чрезвычайных ситуаций на единичном объекте проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ / Г.А. Шарипов, А.Ю. Скрынников, С.А. Гарелина // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2026. – № 1–2 (211–212). – С. 47–54. DOI: 10.53816/23061456_2026_1-2_47. EDN: YDDLZY.
16. Шарипов Г.А. Использование алгоритма Кана в задаче применения сил, привлекаемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2025. – № 11–12 (209–210). – С. 77–86. DOI: 10.53816/23061456_2025_11-12_77. EDN: OCLTVK.

17. Шарипов Г.А. О повышении эффективности распределения сил ликвидации чрезвычайных ситуаций на объекте проведения аварийно-спасательных и неотложных работ / Г.А. Шарипов, С.А. Гарелина, А.Ю. Скрынников, В.С. Федорук // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2026. – № 7–8 (217–218). – С. 68–74. DOI: 10.53816/23061456_2026_7-8_68. EDN: BIQBMG.

REFERENCES:

1. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 11 aprelya 2014 goda № 188-V ZRK. «O grazhdanskoy zaschite». [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: URL https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188 (data obrascheniya: 08.10.2026).
2. Bakhtiyarova O.N. Metodicheskiy podkhod k obosnovaniyu ratsionalnogo sposoba zaschity naseleniya ot porazhayuschikh faktorov pri primenenii obychnykh sredstv porazheniya / O.N. Bakhtiyarova, A.A. Glushachenkov, V.Yu. Kazakov, O.V.Sharykina // Nauchnye i obrazovatelnye problemy grazhdanskoy zaschity. – 2019. – № 1 (40). – S. 19–24.
3. Sharipov G.A., Mazanik A.I., Rybakov A.V. Analiz problemnoy situatsii primeneniya sil pri provedenii avariyno-spasatelnykh rabot v usloviyakh razrusheniya zdaniy i sooruzheniy / G.A. Sharipov, A.I. Mazanik, A.V. Rybakov // Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. – 2025. – T. 22, № 3 (85). – S. 45–50.
4. Garelina S.A., Skrynnikov A.Yu., Sharipov G.A. Normativno-pravovye i kontseptualnye osnovy optimizatsii vzaimodeystviya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy / S.A. Garelina, A.Yu. Skrynnikov, G.A. Sharipov // Nauchnye i obrazovatelnye problemy grazhdanskoy zaschity. – 2025. – № 4 (67). – S. 66–76.
5. Barinov A.V. Postanovka zadachi issledovaniya po zaschite naseleniya ot porazhayuschikh faktorov pri primenenii obychnykh sredstv porazheniya / A.V. Barinov, V.Yu. Kazakov // Nauchnye i obrazovatelnye problemy grazhdanskoy zaschity. – 2016. – № 2 (29). – S. 66–70.
6. Khidirlyasov T.M. O metodike obosnovaniya ratsionalnogo varianta raspredeleniya sil grazhdanskoy oborony dlya provedeniya avariyno-spasatelnykh rabot pri razrushenii zdaniy / T.M. Khidirlyasov, A.V. Rybakov, E.V. Ivanov, i dr. // Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. – 2023. – T. 20, № 4 (78). – S. 16–25. EDN: VDRFFK. https://vniigochs.ru/upload/iblock/41b/45og0tzb2pqnq1y679szshx4vczx5sbz/tgb_text_4_2023-016-025.pdf
7. Sharipov G.A. Optimizatsiya raspredeleniya sil grazhdanskoy zaschity pri likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy, svyazannykh s razrusheniem zdaniy i sooruzheniy // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoy zaschite. – 2025. – № 4 (60). – S. 51–65. https://agz.edu.kz/public/uploads/2024/vestnik/4_60/51_65.pdf

8. Garelina S.A. Teoreticheskie osnovy ratsionalnogo raspredeleniya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy v mnogozonnoy strukture obekta avariyno-spasatelnykh i drugikh neotlozhnykh rabot / S.A. Garelina, A.Yu. Skrynnikov, G.A. Sharipov // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu. – 2026. – № 1–2 (211–212). – S. 38–46. DOI: 10.53816/23061456_2026_1-2_38. EDN: NLETFE.
9. Nearly half of Mariupol has suffered grave damage // The Economist. – 2022. – 23 April. – URL: https://www.economist.com/graphic-detail/2022/04/23/nearly-half-of-mariupol-has-suffered-grave-damage (data obrascheniya: 09.10.2026).
10. Za desyat let voyny v Sirii byli ubity pochti 307 tysyach mirnykh zhiteley – poltora protsenta vsego naseleniya strany // Novosti OON. – 2022. – URL: https://news.un.org/ru/story/2022/06/1426772 (data obrascheniya: 09.10.2026).
11. Krasnoslobodtsev V.P., Raskin A.V., Savelev S.S., Kupach O.S. Analiz vozmozhnosti po realizatsii SShA kontseptsii bystrogo globalnogo udara // Strategicheskaya stabilnost. – 2014. – № 2 (67). – S. 67–69.
12. Garelina S.A. Metodika obosnovaniya parametrov prioriteta reagirovaniya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy pri odnovremennom razrushenii zdaniy i sooruzheniy / S.A. Garelina, A.Yu. Skrynnikov, G.A. Sharipov // Sibirskiy pozharno-spasatelnyy vestnik. – 2026. – № 1 (40). – S. 60–80. DOI: 10.34987/2500-4026-2026-1-60-80.
13. Sharipov G.A. Metodika dinamicheskogo raspredeleniya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy mezhdu obektami provedeniya avariyno-spasatelnykh rabot i neotlozhnykh rabot / G.A. Sharipov, S.A. Garelina, A.Yu. Skrynnikov // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu. – 2026. – № 5–6 (215–216). – S. 78–86. DOI: 10.53816/23061456_2026_5-6_78. EDN: UXMHKV.
14. Nogin R.O. Metodicheskiy podkhod k obosnovaniyu ratsionalnogo varianta komplektovaniya voinskikh formirovaniy lichnym sostavom v usloviyakh primeneniya protivnikom obychnykh sredstv porazheniya / R.O. Nogin, I.M. Kolmychkov, A.I. Mazanik, A.A. Kotov // Nauchnye i obrazovatelnye problemy grazhdanskoy zaschity. – 2020. – № 1 (44). – S. 81–88.
15. Sharipov G.A. Algoritm ratsionalnogo raspredeleniya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy na edinichnom obekte provedeniya avariyno-spasatelnykh i drugikh neotlozhnykh rabot / G.A. Sharipov, A.Yu. Skrynnikov, S.A. Garelina // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu. – 2026. – № 1–2 (211–212). – S. 47–54. DOI: 10.53816/23061456_2026_1-2_47. EDN: YDDLZY.
16. Sharipov G.A. Ispolzovanie algoritma Kana v zadache primeneniya sil, privlekaemykh dlya likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16.

Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu. – 2025. – № 11–12 (209–210). – S. 77–86. DOI: 10.53816/23061456_2025_11-12_77. EDN: OCLTVK.

17. Sharipov G.A. O povyshenii effektivnosti raspredeleniya sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy na obekte provedeniya avariyno-spasatelnykh i neotlozhnykh rabot / G.A. Sharipov, S.A. Garelina, A.Yu. Skrynnikov, V.S. Fedoruk // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu. – 2026. – № 7–8 (217–218). – S. 68–74. DOI: 10.53816/23061456_2026_7-8_68. EDN: BIQBMG.