

УДК 624.012

ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В АВАРИЙНЫХ ЗДАНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

БЕЛИКОВ А. С.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
ШАТОВ С. В.^{2*}, *д. т. н., доц.*,
УЛИТИНА М. Ю.³, *соискатель*,
ШАЛОМОВ В. А.⁴, *к. т. н., доц.*

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, г. Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: m_ulitina@to.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

⁴ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

Аннотация. Цель. Повышение безопасности ведения работ с применением подъемно-транспортного оборудования. **Методика.** При проведении исследований применена теория принятия оптимальных (рациональных) решений с качественной целевой функцией при создании технических средств ведения работ на высоте и построении алгоритма тактического обеспечения к ним, в частности к специальным подъемно-транспортным машинам (СПТМ). **Результаты.** Проведенные исследования показали, что ведение аварийно-восстановительных работ в аварийных зданиях при обрушениях строительных конструкций требуют оперативных решений с учетом безопасности их ведения. Учитывая необходимость в отдельных случаях демонтажа строительных конструкций или их усиления, предложено применение специальных видов подъемно-транспортных машин. Предложенные установки предусматривают доставку грузов в любую необходимую точку здания или сооружения для выполнения восстановительных работ. На основе проведенных исследований было получено множество решений этой тактической задачи для многоэтажного здания. Проведенные исследования показали, что для безопасного ведения работ необходимо провести обоснованный выбор оперативных данных о чрезвычайной ситуации (устанавливается наличие людей на крыше здания, собирается информация об его этажности, метеоусловиях, геометрических характеристиках и других управляемых и неуправляемых параметрах задачи). **Научная новизна.** На основе проведенных исследований установлены закономерности доставки необходимых грузов с учетом технических характеристик установок СПТМ, их расположения относительно объекта, что позволяет с применением программного обеспечения руководителю работ принимать оптимальные (рациональные) решения при ликвидации экстремальных ситуаций с разрушением строительных конструкций, зданий и сооружений. **Практическая значимость.** Даны практические рекомендации по применению таблиц и номограмм задействования СПТМ в оперативно-тактической обстановке чрезвычайной ситуации в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности. Проведенные опытно-промышленные испытания ряда технических средств при проведении комплексных учений позволили сократить время, обеспечить оперативность в непредвиденных обстоятельствах при ликвидации последствий на разрушенных объектах.

Ключевые слова: проведение специальных видов работ; экстремальная ситуация; подъемно-транспортные машины; аварийно-восстановительные работы; тактико-техническое обеспечение; высотные здания

ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ В АВАРІЙНИХ БУДИНКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛЬНИХ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
ШАТОВ С. В.^{2*}, *д. т. н., доц.*,
УЛІТИНА М. Ю.³, *здобувач*,
ШАЛОМОВ В. А.⁴, *к. т. н., доц.*

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

Анотація. Мета. Підвищення безпеки ведення робіт із застосуванням підйомно-транспортного устаткування. **Методика.** При проведенні досліджень застосована теорія прийняття оптимальних (раціональних) рішень з якісною цільовою функцією при створенні технічних засобів ведення робіт на висоті і побудові алгоритму тактичного забезпечення до них, зокрема до спеціальних підйомно-транспортних машин (СПТМ). **Результати.** Проведені дослідження показали, що ведення аварійно-відновлювальних робіт в аварійних будівлях при обваленнях будівельних конструкцій вимагають оперативних рішень з урахуванням безпеки їх ведення. З огляду на необхідність в окремих випадках демонтажу будівельних конструкцій, або їх посилення запропоновано застосування спеціальних видів підйомно-транспортних машин. Запропоновані установки передбачають доставку вантажів в будь-яку необхідну точку будівлі або споруди для виконання відновлювальних робіт. На основі проведених досліджень було отримано безліч рішень цієї тактичного завдання для багатоповерхової будівлі. Проведені дослідження показали, що для безпечного ведення робіт необхідно провести обґрунтований вибір оперативних даних про надзвичайну ситуацію (встановлюється наявність людей на даху будівлі, збирається інформація про його поверховість, метеоумови, геометричні характеристики та про інші керовані і некеровані параметри завдання). **Наукова новизна.** На основі проведених досліджень встановлено закономірності доставки необхідних вантажів з урахуванням технічних характеристик установок СПТМ, їх розташування щодо об'єкта, що дозволяє із застосуванням програмного забезпечення керівнику робіт приймати оптимальні (раціональні) рішення при ліквідації екстремальних ситуацій з руйнуванням будівельних конструкцій, будівель і споруд. **Практична значимість.** Надані практичні рекомендації щодо застосування таблиць і номограм задіяння СПТМ в оперативно-тактичну обстановку надзвичайної ситуації у висотних будівлях і будівлях підвищеної поверховості. Проведені дослідно-промислові випробування ряду технічних засобів при проведенні комплексних навчань дозволили скоротити час, забезпечити оперативність в непередбачених обставинах при ліквідації наслідків на зруйнованих об'єктах.

Ключові слова: проведення спеціальних видів робіт; екстремальна ситуація; підйомно-транспортні машини; аварійно-відновлювальні роботи; тактико-технічне забезпечення; висотні будинки

CONDUCTING REPAIR-RENOVATION WORKS IN EMERGENCY BUILDINGS WITH APPLICATION OF SPECIAL ELEVATOR-TRANSPORT MACHINES AND EQUIPMENT

BELIKOV A. S. ^{1*}, *Dr. Sc.(Tech).*, *Prof.*,

SHATOV S. V. ^{2*}, *Dr. Sc.(Tech)*, *Assoc. Prof.*,

ULITINA M. Yu. ³, *competitor.*,

SHALOMOV V. A. ⁴, *Cand. Sc.(Tech)*, *Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department build and road wave, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-93-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-73, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

⁴ Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

Annotation. Purpose. Increasing the safety of work with the use of lifting and handling equipment. **Methods.** When carrying out research, the theory of optimal (rational) solutions with a qualitative objective function is applied when creating technical means of working at height and constructing an algorithm for tactical support to them, in particular, to special hoisting and transport machines (SHTM). **Results.** The conducted researches showed that the maintenance of emergency recovery work in emergency buildings

during the collapse of building structures require operational decisions taking into account the safety of their maintenance. Taking into account the need for separate cases of dismantling of building structures or their strengthening, the use of special types of lifting and transporting machines is proposed. The proposed facilities provide for the delivery of goods to any necessary point of a building or structure for the performance of restoration works. On the basis of the studies carried out, many solutions were obtained for this tactical task for a multi-storey building. The conducted researches showed that for safe operation it is necessary to make a reasonable choice of operational data on an emergency situation (the presence of people on the roof of the building is established, information on its number, meteorological conditions, geometric characteristics and other controllable and uncontrolled parameters of the task is collected). **Scientific novelty.** On the basis of the studies carried out, regularities in the delivery of the necessary cargoes have been established, taking into account the technical characteristics of the SHTM facilities and their location relative to the facility, which makes it possible to use the software to make optimal (rational) decisions when eliminating extreme situations with the destruction of building structures, buildings and structures. **Practical meaningfulness.** Practical recommendations on the application of tables and nomograms of the use of the SHTM in the operational and tactical situation of an emergency situation in high-rise buildings and high-rise buildings are given. Experimental and industrial tests of a number of technical means during complex exercises have allowed to reduce time, provide expediency in unforeseen circumstances at liquidation of consequences on the destroyed objects.

Keywords: carrying out special types of work; an extreme situation; lifting machinery; emergency repair work; tactical and technical support; high-rise

Постановка проблемы. Обеспечение безопасности и эффективности ведения работ с применением специальных подъемно-транспортных машин типа СПТМ-М и разработка тактико-технического обеспечения.

Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Одним из вариантов массового спасения людей с верхних этажей современных зданий и сооружений предусматривается применение специального спасательного рукава, который монтируется в оконечной точке развернутого на требуемую высоту автоподъемника или автолестницы. Произошедшие в Украине несколько смертельных случаев, при задействовании спасательных рукавов на тренировках, поставили под сомнение целесообразность их применения, и, в конце концов, они были запрещены к использованию. Хотя при расследовании этих ЧС задача о возможных колебаниях таких объектов с рукавами даже не ставилась. Тем более не рассматривались вопросы их устойчивости. А это необходимо, по крайней мере, по отношению ко вновь создающимся конструкциям [1].

Цель работы. Разработка и обоснование тактико-технического обеспечения при ликвидации последствий разрушений зданий с использованием специальных подъемно-транспортных машин (СПТМ).

Изложение основного материала исследования. Для обоснования использования СПТМ-М применена теория принятия оптимальных (рациональных) решений. Согласно разработанной нами методики принятия оптимальных (рациональных) решений с применением ЭВМ руководитель специального подразделения руководствуется одношаговым алгоритмом [2], где количество потенциально возможных исходов сокращается до двух (I_{+1} , I_{-1}). При этом система уравнений, на основании которой формируется критерий качества для случаев ведения специальных видов работ на высоте с использованием запатентованных конструкций СПТМ и СПТМ-М, запишутся упрощенно в виде:

$$I_k \begin{cases} I_{+1}, \text{ если выбор альтернативы приводит к цели сразу} \\ \text{или не ухудшает сложившейся ситуации } B; \\ I_{-1}, \text{ если выбор альтернативы приводит к} \\ \text{нежелательному (отрицательному) результату;} \\ k = 1, 2. \end{cases} \quad (1)$$

Действительно, выражение (1) определяет тот качественный критерий задействования СПТМ или СПТМ-М при проведении ремонтно-строительных (РСР), аварийно-восстановительных (АВР) и аварийно-спасательных работ (АСР) на высоте, где, исходя из ситуации B , возможны только два исхода:

- контрольный груз с крепежным концом сможет попасть в требуемое место (на крышу здания или за здание) спасательный конец (канат) или же не сможет. Соответственно будем иметь математически значения качественных оценок: доставит – «+1» не доставит – «-1».

Использование СПТМ-М схематично представлено на рис. 1. При этом рассматриваются фактически два случая реализации цели с позитивными исходами [3-5].

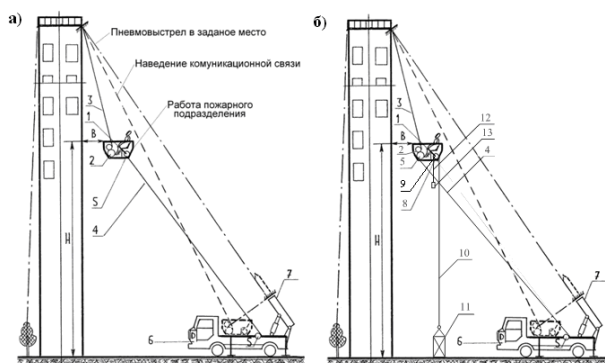


Рис. 1. Установки СПТМ (а) и СПТМ-М (б):
 1 – кабина; 2 – барабан; 3 – тяговый канат; 4 – управляющие канаты; 5 – блок перераспределения управляющих усилий; 6 – транспортное средство; 7 – линемет; 8 – дополнительная лебедка; 9 – барабан дополнительной лебедки; 10 – нагруженная ветвь; 11 – полезный груз; 12 – свободная ветвь каната; 13 – противовес /

Fig. 1. Installations of SHTM (a) and SHTM-M (b): 1 - the cabin; 2 - the drum; 3 - traction rope; 4 - control ropes; 5 - the block of redistribution of control efforts; 6 - vehicle; 7 - linemet; 8 - additional winch; 9 - additional winch drum; 10 - loaded branch; 11- useful cargo; 12 - free rope branch; 13 - counterweight

Предложенные установки по варианту 1 и 2 предусматривают доставку грузов в любую необходимую точку здания или сооружения для выполнения восстановительных работ.

Как следует из рассмотрения алгоритма решения задачи анализа, альтернатив здесь бесконечное множество. Тем не менее с помощью бортового РС возможно получить полный список соотносящихся между собой координат положений контрольного груза в пространстве текущего времени и параметра γ – угла возвышения ствола линемета установок СПТМ и СПТМ-М над горизонтом, и выбрать требуемые оптимальные (рациональные) значения для ее попадания в точку целевого назначения.

Математически, эти тактико-технические задачи принятия решений в условиях определенности с качественной целью обобщенно могут быть описаны выражением:

$$\max K [\gamma, S_1, P, d, h, S_{\min}], \quad (2)$$

где K – качественная целевая функция принимает следующие значения:

- $K=1$, если цель достигнута.
- $K=-1$, если цель не достигнута.

При этом рассматриваются управляемые и неуправляемые параметры задачи.

К числу неуправляемых параметров задачи относятся:

H – высота здания и d – его ширина вглубь здания, а также окружающий ландшафт, связанный с наличием или отсутствием хозяйственных построек, стилобатных частей здания, высоких деревьев, воздушных линий электропередач и т.п.

При обосновании применения СПТМ управляемыми переменными были приняты: P – давление в рабочей пневмокамере линемета установки, (МПа); γ – угол возвышения пневмометания «Болванки» с канатом, (град.); S_1 – расстояние от установки СПТМ до здания, м.

Неуправляемые параметры задаются конкретными величинами, а на управляемые переменные накладываются ограничения. Например, в нашем случае:

$$P = const; 0 < \gamma < 89^0; S_{10} < S_1 < S_{20}, \quad (3)$$

где P – давление в рабочей пневмокамере линемета СПТМ; S_{10} – минимальное расстояние, на которое можно приблизить СПТМ к фасаду здания, S_{20} – максимальное расстояние, на которое можно удалить ее от здания.

Ограничения (3) часто ситуационно обусловлены и связаны с упомянутым ландшафтом

окружения. Вместе с тем, для каждого конкретного объекта зданий и сооружений, расположенных в районе, производится заблаговременное уточнение специфических данных, дополняющих ограничения (3), и их вводят в базу данных бортового РС.

Тактико-техническая задача принятия рациональных (оптимальных) решений при проведении РВР, АСР и РВР в высотных зданиях и сооружениях была сформулирована на основании проведенных исследований.

Теоретическое обоснование применения СПТМ и СПТМ-М для доставки контрольного груза с тросом на крышу здания

В случае решения задачи о пневмометании снаряда с тросом на крышу здания вводится определенное ограничение. Оно связано с тем, что снаряд не только должен оказаться на крыше здания, но и не попасть в зону, отстоящую вглубь от передней стены на расстояние не менее некоторого наперед заданного L_1 (ширина бордюра крыши, которая обеспечивает невозможность «соскальзывания» снаряда с тросом обратно на землю):

$$X' - S = L_1. \quad (4)$$

Поэтому с учетом дополнительных ограничений после обработки данных принимается решение о месте расположения установки и определяется необходимый угол возвышения по отношению к горизонту.

На основе проведенных исследований было получено множество решений этой тактической задачи (табл. 1) для типового 12-этажного здания с высотой 36 м.

Проведенные исследования показали, что для безопасного ведения работ необходимо провести обоснованный выбор оперативных данных о ЧС (устанавливается наличие людей на крыше здания, собирается информация об его этажности, метеоусловиях, геометрических характеристиках и других управляемых и неуправляемых параметрах задачи).

Таблица 1

Результаты решения задачи пневмометания в заданную точку крыши с учетом высоты парапета на крыше 0,5 м / The results of solving the problem of pneumometry at a given point of the roof, taking into account the height of the parapet on the roof of 0.5 m

Угол α , град	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Расстояние S (м)	-	-	20	14	12,5	10	9,5	9,3	8,1

Далее, на местном ландшафте выбирается позиция для СПТМ или СПТМ-М – определяется приемлемое значение дистанции St – и уже на основании последнего задается соответствующий угол пневмометания α . Если такого значения угла в

табл. 1 не существует, то в этом случае расстояние от здания до места расположения установки корректируется с учетом реальных условий местности. На языке теории принятия решений этот математический прием называется свертыванием вектора варьируемых параметров в скаляр [6-13].

На основе проделанных исследований была построена номограмма (рис. 2).

Заштрихованные области полученной номограммы соответствуют нежелательным исходам и ограничивают допустимые значения параметров работы СПТМ или СПТМ-М при принятии решения для задачи 2. Теперь понятно, что оператору (не обязательно с высоким уровнем квалификации) удобнее пользоваться номограммой. После оценки обстановки в процессе разведки ЧС и при наличии номограммы типа рис. 2 принятие ошибочного решения практически исключено.

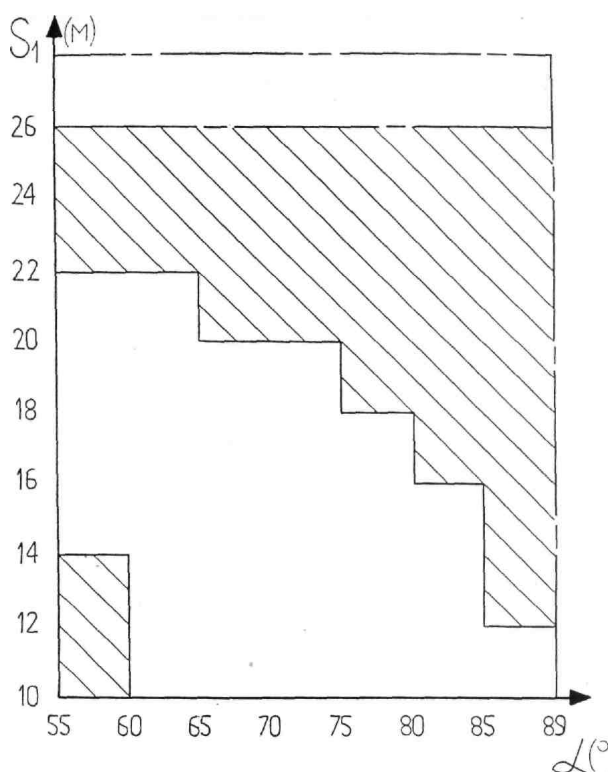


Рис. 2. Номограмма к задаче 2 пневмометания «Болванки» со спасательным концом на поверхность земли через здание /

Fig. 2. Nomogram to task 2 of pneumatic "Bolvanka" with the rescue end to the surface of the earth through the building

С точки зрения формальной логики, для рассмотренной задачи графический и табличный

способы выдачи результатов эквивалентны, и именно потому, что выходная информация выводится в дискретной форме (достигнут желаемый результат – «+1», результат нежелательный – «-1»).

Принципиально процедуру поиска оптимальных (рациональных) характеристик расположения СПТМ-М можно автоматизировать с помощью бортового компьютера. Для этого требуется разработать соответствующее программное обеспечение, с использованием ряда численных методов. В этом случае входными данными программы будет информация о возможном месте расположения установки (S_1), а выходными – угол наклона ее к горизонту (α). Соответствующая номограмма реализации такого подхода представлена на рис. 2, где заштрихованная область отвечает нежелательным соотношениям S_1 и α . Все другие рациональные решения задачи 2 лежат внутри заштрихованной области.

Выводы. На основе проведенных исследований установлены закономерности доставки необходимых грузов с учетом технических характеристик установок СПТМ и СПТМ-М, их расположения относительно объекта, что позволяет с применением программного обеспечения руководителю работ принимать оптимальные (рациональные) решения при ликвидации экстремальных ситуаций с разрушением строительных конструкций, зданий и сооружений. Сформулированы задачи по применению СПТМ и СПТМ-М, основанные на использовании двух тактических приемов пневмометания контрольного груза с тросом: задача 1 – метание на крышу аварийного здания; задача 2 – через здание наводкой. Предложено и выполнено обобщенное представление полученных результатов для принятия решений в двух формах: табличной и в виде номограмм.

В результате обобщения полученных теоретических и экспериментальных результатов построены номограммы, что позволяет на практике задействовать СПТМ и СПТМ-М при ведении специальных видов АВР, РВР и АСР. Даны практические рекомендации по применению таблиц и номограмм задействования СПТМ и СПТМ-М в оперативно-тактической обстановке ЧС в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности.

Проведенные опытно-промышленные испытания ряда технических средств при проведении комплексных учений позволили сократить время, обеспечить оперативность в непредвиденных обстоятельствах при ликвидации последствий на разрушенных объектах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Охрана труда в строительстве : учебник / [Беликов А. С., Сафонов В. В., Нажа П. Н. и др.] ; под общ. ред. А. С. Беликова. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
2. Аветисян В. Г. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій: Посібник / В. Г. Аветисян, М. І. Адаменко, В. Л. Александров та інші. – Київ : Основа, 2006. – 240 с.

3. Обеспечение безопасности при выполнении работ повышенной опасности [Текст] / А. С. Беликов, О. А. Сабитова, В. А. Голендер, В. А. Шаломов // Международный научный журнал. – 2015. – №2. – С. 144–158.
4. Ларін, О. М. Інженерна техніка та спеціальні машини для ліквідації надзвичайних ситуацій: навч. посіб. / О. М. Ларін, І. М. Грицина, Н. І. Грицина та ін. – Харків : НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012 – 380 с.
5. Рябчинский А. И. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств: монография / [А. И. Рябчинский, Б. В. Кисуленко, Т. Э. Морозова]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2006. – 462 с.
6. Покровский Ю. Ю. Современные системы конструктивной безопасности автомобилей : монография / [Ю. Ю. Покровский, К. С. Ремнев, И. С. Степанов, В. В. Ломакин]. – Тула: Издательство ТулГУ, 2007. – 163 с.
7. Махутов Н. А. Прочность и безопасность. Фундаментальные и прикладные исследования / Н. А. Махутов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 528 с.
8. Дурденко В. А. Количественная оценка надежности интегрированной системы безопасности на основе логико-вероятностного моделирования / В. А. Дурденко, А. А. Рогожин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – №2. – С.207–215.
9. Daniel J. Holt. Fuel cell powered vehicles, Automotive engineering, SAE, 2002.
10. Sadykhov G. S. Average Number of Failure-Free Operations up to Critical Failure of a Technologically Dangerous Facility: Calculation, Limit and Non-Parametric Estimates // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, Vol. 42, № 1, 2013. pp. 81–88.
11. Tanaka K., Wang H. O. Fuzzy control systems design and analysis: a linear matrix inequality approach. N. Y.: Wiley, 2001.
12. Grote K. G. Die bewertungsmethodik der bauausführung der untergleiszone der hauptträger der verladebrücke / K. G. Grote, J. Postnikov, N. Makarenko, P. Gavrish, V. Schepotko, V. Kassov, V. Koinasch // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3(28). – С.110–113.
13. Дружинина О. В. Анализ технической устойчивости и стабилизация управляемых динамических систем / О. В. Дружинина, Т. С. Климачкова, А. С. Мулкиджан // Научные технологии. – 2013. – Т. 14. – №6. – С.59–65.

REFERENCES

1. Belikov A.S., Safonov V.V., Nazha P.N., Chalyiy V.G., Shlyikov N.Yu., Shalomov V.A. and Ragimov S.Yu. *Ohrana truda v stroitelstve* [A labour protection is in building]. – Kiev: Osnova, 2014. – 592 p. (in Russian).
2. Avetisyan V.G., Adamenko M.I. and Aleksandrov V.L. *Ryatuvalni roboti pid chas likvidatsiyi nadzvichaynih situatsiy* [Rescue work during emergency response]. – Kiev: Osnova, 2006. – 240 p. (in Ukrainian).
3. Belikov A.S., Sabitova O.A., Golender V.A. and Shalomov V.A. *Obespechenie bezopasnosti pri vyipolnenii rabot povyishennoy opasnosti* [Ensuring the security of the works of increased danger]. *Mezhdunarodnyiy nauchnyiy zhurnal – [International Journal]*, 2015. – no. 2. – pp. 144–158. (in Russian).
4. Larin O.M., Gritsina I.M. and Gritsina N.I. *Inzhenerna tehnika ta spetsialni mashyny dlya likvidatsiyi nadzvichaynih situatsiy* [Engineering machinery and special machines for disaster management]. – Harkiv: NUTZU, KP «Miskdruk», 2012 – 380 p. (in Ukrainian).
5. Ryabchinskiy A.I., Kisulenko B.V. and Morozova T.E. *Reglamentatsiya aktivnoy i passivnoy bezopasnosti avtotransportnyih sredstv* [Regulation of active and passive safety of vehicles]. – Moskva: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2006. – 462 p. (in Russian).
6. Pokrovskiy Yu.Yu., Remnev K.S., Stepanov I.S. and Lomakin V.V. *Sovremennyye sistemy konstruktivnoy bezopasnosti avtomobiley* [Modern structural safety of vehicles]. – Tula: Izdatelstvo TulGU, 2007. – 163 p. (in Russian).
7. Mahutov N.A. *Prochnost i bezopasnost. Fundamentalnyie i prikladnyie issledovaniya* [Durability and safety. Basic and applied research] – Novosibirsk: Nauka, 2008. – 528 p. (in Russian).
8. Durdenko V.A. and Rogozhin A.A. *Kolichestvennaya otsenka nadezhnosti integrirovannoy sistemy bezopasnosti na osnove logiko-veroyatnostnogo modelirovaniya* [Quantitative assessment of the reliability of the integrated security system based on logical-probabilistic modeling]. *Bulletin of Voronezh Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* – [Institute of Russian Ministry of Internal Affairs] – 2013. – no. 2. – pp. 207–215. (in Russian).
9. Daniel J. Holt. Fuel cell powered vehicles, Automotive engineering, SAE, 2002.
10. Sadykhov G.S. Average Number of Failure-Free Operations up to Critical Failure of a Technologically Dangerous Facility: Calculation, Limit and Non-Parametric Estimates // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, Vol. 42, № 1, 2013. pp. 81–88.
11. Tanaka K., Wang H.O. Fuzzy control systems design and analysis: a linear matrix inequality approach. N.Y.: Wiley, 2001.
12. Grote K.G., Postnikov J., Makarenko N., Gavrish P., Schepotko V., Kassov V. und Koinasch V. Die bewertungsmethodik der bauausführung der untergleiszone der hauptträger der verladebrücke *Visnik Donbaskoyi derzhavnoyi mashinobudivnoyi akademiyi* [Bulletin of Donbass State Engineering Academy], Kramatorsk : DDMA, 2012. – no. 3(28). – pp. 110–113.
13. Druzhinina O.V., Klimachkova T.S. and Mulkidzhan A.S. *Analiz tehnikeskoy ustoychivosti i stabilizatsiya upravlyayemykh dinamicheskikh system* [Analysis of technical stability and stabilization of controlled dynamic systems] *Naukoemkie tehnologii* [High Tech.], 2013. – vol. 14. – no. 6. – pp. 59–65. (in Russian).

Стаття надійшла в редколегію 24.03.2017