

УДК 69.05:658.382

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

БЕЛИКОВ А. С.^{1*}, д.т.н., проф.,
ЧАПЛЫГИН А. С.^{2**}, к.т.н.,
ШАЛОМОВ В. А.³, к.т.н., доц.,
РАГИМОВ С. Ю.⁴, к.т.н., доц.,
УЛИТИНА М. Ю.⁵, соискатель.

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2**} Коминтерновский районный отдел Главного управления ГСЧС Украины в Харьковской области, ул. Зерновая 4-а, 61124, Харьков, Украина, тел +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru; ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

^{3*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ Департамент науки и образования Харьковской областной государственной администрации, Харьков, Украина, тел. +38 (057) 705-03-14 e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

Аннотация. Цель. Обеспечение безопасности и эффективности ведения специальных аварийно-восстановительных работ при разгерметизации трубопроводов и емкостей транспортировки и хранения агрессивных сред в жидком состоянии, в том числе пожаро- и взрывоопасных материалов в жидком состоянии. Это во многом зависит от выполняемых спецподразделениями операций с использованием тех или иных технических средств. **Методика.** Применение методов моделирования и статистической обработки при возникновении напряжения в оболочках, связанных с герметизацией технологического оборудования. **Результаты.** При ликвидации разгерметизации в технологическом оборудовании трубопроводов транспортировки и резервуаров хранения жидкостей, находящихся под давлением, руководитель специальных подразделений обязан принимать оперативные решения на выполнение аварийно-восстановительных работ (АВР) и ремонтно-строительных работ (РСР) с учетом эффективности и безопасности их ведения. Причем, принятые решения необходимо оценивать с точки зрения целесообразности задействования сил и средств подразделений в условиях определенности, стремясь из многочисленных рациональных решений выбрать наилучшее (оптимальное). Уточнена обобщенная схема применения средств натяжения тросов при использовании мини-комплекса МК1. При переходе от попарно параллельной системы к сходящейся системе сил процесс преобразования силовых факторов в тросовой системе подобен такому, который происходит в ременных передачах. Термин «псевдопередаточное отношение», введенный нами, оказалось удобно использовать при создании тактико-технического обеспечения для задач герметизации аварийных цилиндрических поверхностей с применением МК1. **Научная новизна.** На основе проведенных теоретических исследований определены области рационального размещения мини-комплекса МК1 при ликвидации аварий, связанных с разгерметизацией различных видов резервуаров и трубопроводов при транспортировке и хранении жидкостей, с учетом эффективности и безопасного ведения работ. **Практическая значимость.** На основе экспериментальных и теоретических исследований разработано тактико-техническое обеспечение к применению миникомплекса МК-1 и его составляющих в условиях определенности.

Ключевые слова: экстремальная ситуация, разгерметизация, пневматическая подушка, метод конечных элементов

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.^{1*}, д.т.н., проф.,
ЧАПЛИГІН О. С.^{2**}, к.т.н.,
ШАЛОМОВ В. А.³, к.т.н., доц.,
РАГИМОВ С. Ю.⁴, к.т.н., доц.,
УЛІТИНА М. Ю.⁵, здобувач.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2**} Комінтернівський районний відділ Головного управління ДСНС України у Харківській області, вул. Зернова 4-а, 61124, Харків, Україна, тел +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru; ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського 94, 61023, Харків, Україна, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації, Харків, Україна, тел. +38 (057) 705-03-14 e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

Анотація. *Ціль.* Забезпечення безпеки та ефективності ведення спеціальних аварійно-відновлювальних робіт при розгерметизації трубопроводів і ємностей транспортування і зберігання агресивних середовищ в рідкому стані, в тому числі пожежо - і вибухонебезпечних матеріалів в рідкому стані. Це багато в чому залежить від виконуваних спецпідрозділами операцій з використанням тих чи інших технічних засобів. *Методика.* Застосування методів моделювання та статистичної обробки при виникненні напруги в оболонках, пов'язаних з герметизацією технологічного обладнання. *Результати.* При ліквідації розгерметизації в технологічному обладнанні трубопроводів транспортування і резервуарів зберігання рідин, що знаходяться під тиском, керівник спеціальних підрозділів зобов'язаний приймати оперативні рішення на виконання аварійно-відновлювальних робіт (АВР) і ремонтно-будівельних робіт (РБР) з урахуванням ефективності та безпеки їх ведення. Причому, прийняті рішення необхідно оцінювати з точки зору доцільності залучення сил і засобів підрозділів в умовах визначеності, прагнучи з численних раціональних рішень вибрати найкраще (оптимальне). Уточнена узагальнена схема застосування засобів натягу тросів при використанні міні-комплексу МК1. При переході від попарно паралельної системи до системи сил, що сходиться, процес перетворення силових факторів в тросовій системі подібний до такого, який відбувається в ремінних передачах. Термін «псевдопередаточне відношення», ведений нами, виявився зручно використовувати при створенні тактико-технічного забезпечення для задач герметизації аварійних циліндричних поверхонь із застосуванням МК1. *Наукові новизни.* На основі проведених теоретичних досліджень визначені області раціонального розміщення мінікомплексів МК1 при ліквідації аварій, пов'язаних з розгерметизацією різних видів резервуарів і трубопроводів при транспортуванні і зберіганні рідин, с урахуванням ефективності та безпечного ведення робіт. *Практична значимість.* На основі експериментальних і теоретичних досліджень розроблено тактико-технічне забезпечення до застосування мінікомплексів МК-1 і його складових в умовах визначеності.

Ключові слова: екстремальна ситуація, розгерметизація, пневматична подушка, метод кінцевих елементів

IMPROVING SAFETY SPECIAL WORKS AT LIQUIDATION DEPRESSURIZATION PROCESS EQUIPMENT

BELIKOV A. S.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
CHAPLYHIN O. S.^{2**}, *Cand. Sc. (Tech.)*,
SHALOMOV V. A.³; *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RAHIMOV S. Yu.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
ULITINA M. Yu.⁵, *competitor*.

^{1*} 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: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2**} Kominternovskiy District Department of the Main Directorate DSNS Ukraine in Kharkiv region, st. Grain 4-a, 61124, Kharkiv, 61046, Ukraine, phone +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru; ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

³ Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ Department of science and education of Harkiv regional state administration, Harkiv, Ukraine, phone +38 (057) 705-03-14 e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

Abstract. Purpose. Ensuring the safety and the efficiency of special rescue and recovery operations at depressurization of pipelines and tanks the transport and storage of aggressive media in the liquid state, including fire - and explosive materials in the liquid state. This largely depends on the special forces carried out operations with the use of certain technical tools. **Method.** Application of the methods of modeling and statistical processing at a stress occurs in the shells, associated with the sealing process equipment.

Results. Upon liquidation of depressurization in the process equipment pipeline transportation and liquids storage tanks under pressure, the head of special units required to make operational decisions for the emergency and recovery operations (ATS) and the repair and construction works (PCP) based on efficacy and safety of their conduct. Moreover, the decisions must be assessed from the point of view of expediency of engagement units in certain conditions, seeking out the many rational decisions to choose the best (optimal). Refined generalized scheme applying tension cables means using MK1 mini-complex. In the transition from a system of mutually parallel to the converging forces of the process of converting the system power factor in the rope system similar to this, which occurs in a belt drive. The term "pseudo gear ratio", keeping us proved useful in creating tactical and technical support for the tasks of emergency sealing of cylindrical surfaces with MK1. **Scientific novelty.** On the basis of theoretical studies to identify areas of rational allocation MK1 mini-complex at the elimination of accidents related to the depressurization of various types of tanks and pipelines for transport and storage of liquids, considering the efficiency and safe operation. **Practical meaningfulness.** On the basis of experimental and theoretical studies developed tactical and technical support to the use of mini-complex MK-1 and its components in terms of certainty.

Keywords: extreme situation, depressurization, air cushion, the finite element method

Постановка проблемы

Техника, оборудование и устройства, которые комплексно используют при ведении специальных строительно-восстановительных работ, не всегда способствуют эффективному и безопасному их проведению и не отвечают требованиям безопасности для людей, находящихся в зоне аварии. В значительной мере это характерно для экстремальных ситуаций ведения аварийно-восстановительных (АВР) и ремонтно-строительных (РСР) работ в зданиях и сооружениях, особенно для сооружений технологического цикла транспортировки, переработки и хранения жидкостных сред [1, 2, 8].

Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Экстремальные ситуации, связанные с обрушениями строительных конструкций, зданий и сооружений, сопровождаются разрушениями целого ряда коммуникаций водоснабжения и водоотведения, газового хозяйства, электроснабжения и электрооборудования, емкостей и резервуаров для хранения взрывоопасных и пожароопасных веществ, что тоже связано с рисками проведения аварийных, спасательных и ремонтно-восстановительных работ. В связи с чем, возникает необходимость при локализации, ликвидации экстремальных ситуаций и ее последствий в привлечении различных специальных служб, в том числе специальных строительных организаций и специалистов, сопричастных к проведению работ.

Цель работы

Повышение безопасности ведения специальных видов АВР и РСР при ликвидации экстремальных ситуаций, связанных с разгерметизацией технологического оборудования хранения и транспортировки жидкостей.

Изложение основного материала исследований

При ликвидации разгерметизации в технологическом оборудовании трубопроводов транспортировки и резервуаров хранения жидкостей, находящихся под давлением, руководитель специальных подразделений обязан принимать оперативные решения на выполнение АВР и РСР с учетом эффективности и без-

опасности их ведения. Причем, принятые решения необходимо оценивать с точки зрения целесообразности задействования сил и средств подразделений в условиях определенности, стремясь из многочисленных рациональных решений выбрать наилучшее (оптимальное). В связи с этим, а также с разнообразием реальных аварийных ситуаций, требующих конкретизации задач, предварительно рассмотрим общую для всех случаев схему постановочной части исследований. Итак, уточним обобщенную схему применения средств натяжения тросов при использовании МК1.

Отметим, что предположение о попарно параллельном действии системы 4-х внутренних сил в стропях N_i ($i = 1, \dots, 4$), прижимающих бандаж-пластырь к аварийному дефекту силами, полученными расчетом с «избытком», можно уточнить и приблизить к их истинным значениям «сверху» [3, 7]. С этой целью рассмотрим другую равновесную пространственную систему сходящихся сил F^+ , $N_{1(4)}^-$ и $N_{2(3)}^-$, которую всегда можно представить в пространстве, как показано на рис. 1.

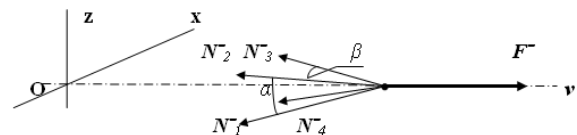


Рис. 1 – Равновесная пространственная система сходящихся сил / Equilibrium spatial system of convergent forces

Для наглядности изложения введем предположение, что ось Ox условно совпадает с осью Oy . Спроектировав все силы такой системы на ось Ox в силу симметрии будем иметь очевидное соотношение:

$$4N_1^- \cos \alpha / 2 \cdot \cos \beta / 2 = F^+.$$

Откуда

$$N_1^- = 0,25 \cdot F^+ \cos \alpha / 2 \cdot \cos \beta / 2. \quad (1)$$

где (1) отличается для схем рис. 2:

$$N_i \geq 0,25qS_0 \cos \Delta\gamma / \sin \theta / 2.$$

Это несоответствие можно понять, если сравнить систему сходящихся сил (рис. 1) с системой плоскопараллельных пар сил (рис. 2), не учитывая реальность существования угла $\Delta\gamma$, обеспечивающих равновесие ППл при прижатии его к аварийному объекту четырьмя гибкими стропами с целью противодействовать проекции равнодействующей силе внутреннего давления жидкости в соответствующем месте расположения дефекта [10-13]. Где усилие, растягивающее каждую из строп должно определяться из соотношения:

$$N_i = 0,25qS_0 \cos \Delta\gamma / \sin \theta / 2. \quad (2)$$

Однако с точки зрения физики N_i и N_i^- это одни те же внутренние усилия растяжения в фиксирующих ППл гибких стропах, вне зависимости существует ли или нет в реальности $\Delta\gamma$ (невязка осей Ox и Oy). Соответственно, отождествляя (1) и (2), получим:

$$0,25F^- / \cos \alpha / 2 \cos \beta / 2 = 0,25qS_0 \cos \Delta\gamma / \sin \theta / 2. \quad (3)$$

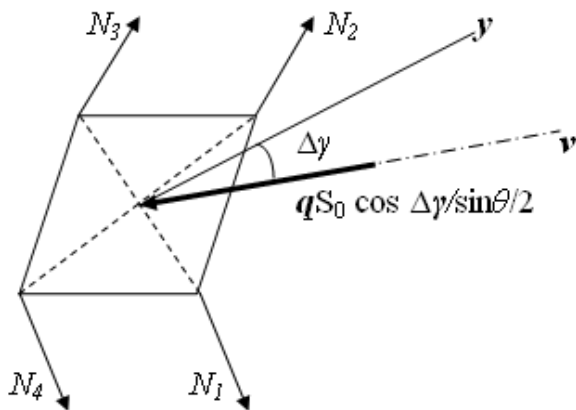


Рис. 2 Схема действия плоскопараллельных пар сил на ППл / Scheme of action of plane force couples to PPl

Откуда величина требуемого значения усилия на крюке тросовой лебедки должна быть определена по уточненной формуле:

$$F^- \geq qS_0 \cos \alpha / 2 \cos \beta / 2 \cos \Delta\gamma / \sin \theta / 2. \quad (4)$$

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 інш. – Київ : Основа, 2006. – 240 с.
3. Абаимов С. Г. Статистическая физика сложных систем. От фракталов до скейлинг-поведения / С. Г. Абаимов. – Москва : URSS : Либроком, 2012. – 388 с.
4. Афанасьева И. Н. Моделирование двумерного нестационарного обтекания гибкой упругой конструкции в связанной постановке. Часть 3: верификация методики численного моделирования поведения гибкой упругой конструкции. International Journal of Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 3 – Москва, 2014, С. 40-48.
5. Влияние напряженно-деформированного состояния при динамическом воздействии на безопасность применения защитной каски пожарного [Текст] / А. С. Беликов, В. А. Шаломов, И. Г. Маладыка, и др. // Пожежна безпека: теорія і практика : зб. наук. пр. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2015. – № 20. – С.9–18.
6. 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.

На что и требуется обратить внимание в данной задаче.

Такая, на первый взгляд «несстыковка» искомых сил, вполне объяснима, если воспользоваться приемлемой в данном случае аналогией преобразований силовых факторов в силовых передачах, оцениваемых передаточным числом u , например, в ременной передаче. В нашем случае будем иметь следующее:

$$u = F^- / F, \quad (5)$$

где u – передаточное число тросовой системы, охватывающей аварийный цилиндрический объект; F – сила, действующая на все 4 гибких стропа со стороны 1–ой, входной ступени редуцирования; F^- – сила, действующая на те же 4 гибкие стропа со стороны 2–ой, выходной ступени.

В итоге получим:

$$F^- = uF = uqS_0 \cos \Delta\gamma, \quad (6)$$

где $u = \cos \alpha / 2 \cos \beta / 2 / \sin \theta / 2$ – псевдопередаточное отношение нашей тросовой системы (при $\Delta\gamma = 0$, $F^- = uqS_0$).

Здесь подразумевается, что при переходе от попарно параллельной системы к сходящейся системе сил процесс преобразования силовых факторов в тросовой системе подобен такому, который происходит в ременных передачах. Термин «псевдопередаточное отношение», введенный нами, оказалось удобно использовать при создании тактико-технического обеспечения для задач герметизации аварийных цилиндрических поверхностей с применением МК1 в составе АСК-МФ [4-6].

Выводы

На основе проведенных теоретических исследований определены области рационального размещения миникомплекса МК1 при ликвидации аварий, связанных с разгерметизацией различных видов резервуаров и трубопроводов при транспортировке и хранении жидкостей, с учетом эффективности и безопасности ведения работ.

7. Ведерников В. А., Савичева Г. В. О конечных группах, близких к вполне факторизуемым / Дискретная математика. – Москва : Наука, 2007. – Т. 19, Вып. 2. – С. 78-84.
8. 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.
9. Харисов, Г. Х., Калайдов, А. Н., Фирсов А. В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Учеб. пособие. Под ред. А. И. Овсяника – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2013. – 276 с.
10. Afanasyeva Irina N., Usmanov Anton. R., Belostotskiy Alexandr M. Specific aspects of numerical simulation of civil engineering structures with cross section 193 shape close to rectangular. Congress Proceedings: WCCM XI – ECCM V – ECFD VI. – Barcelona, July 20-25, 2014. – pp. 7132-7143.
11. Senashov V. I. Characterizations of Layer-Finite Groups and Their Extensions // J. of Siberian Federal University. Mathematics and Physics. — 2009. — № 2(3). — P. 279–287.
12. Shupikov, Aleksander N., Smetankina, Natalia V. and Sheludko, Hely A.. Selection of Optimal Parameters of Multilayer Plats at Nonstationary Loading. Meccanica 33: 553-564, 1998. © 1998 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
13. Shupikov, A. N., Ugrimov, S. V. Vibration of multilayer plates under the effect of impulse loads. Tree-dimensional theory. International Journal of Solids and structures 36 (1999) 3391-3402.

REFERENCES

1. Belikov A. S., Ragimov S. Yu., Shalomov V. A. and Chaplyigin A. S. *Kontrol vyisokotemperaturnogo izlucheniya na rabochih mestah* [Control of high-temperature radiation jobs]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroyeniye* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipropetrovsk, 2015, no. 80, pp. 49–54 (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. Abaimov S. G. *Statisticheskaya fizika slozhnyh sistem. Ot fraktalov do skayling-povedeniya* [Statistical physics of complex systems. From the fractal to the scaling behavior]. – Moskva : URSS : Librokom, 2012. – 388 p. (in Russian).
4. Afanaseva I. N. *Modelirovaniye dvumernogo nestatsionarnogo obtekaniya gibkoy uprugoy konstruktсии v svyazannoy postanovke. Chast 3: verifikatsiya metodiki chislennogo modelirovaniya povedeniya gibkoy uprugoy konstruktсии* [Simulation of two-dimensional non-stationary flow flexible elastic structure in a related statement. Part 3: Verification of methods of numerical simulation of the behavior of the elastic flexible structure.]. International Journal of Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 3 – Moskva, 2014, pp. 40-48. (in Russian).
5. Belikov, A. S., Shalomov V. A., Maladyika I. G. and Sabitova O. A. Vliyaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya pri dinamicheskom vozdeystvii na bezopasnost primeneniya zaschitnoy kaski pozhnarnogo [Effect of stress-strain state at a dynamic impact on the safety of fire safety helmet]. *Pozhezhna bezpeka: teoriya i praktika* - [Fire safety: theory and practice]. Cherkasi: APB im. Geroyiv Chornobilya, 2015. – no. 20. – pp. 9–18. (in Russian).
6. Belikov, A. S., Sabitova O. A., Golender V. A. and Shalomov V. A., *Obespecheniye bezopasnosti pri vyipolnenii robotov povyshennoy opasnosti* [Ensuring the security of the works of increased danger]. *Mezhdunarodnyiy nauchnyiy zhurnal* - [International scientific Journal]. – 2015. – no. 2. pp. 144–158. (in Russian).
7. Vedernikov V. A. and Savicheva G. V. O konechnykh gruppakh, blizkiykh k vpolne faktorizuemym [About finite groups close to completely factorisable]. *Diskretnaya matematika* – [Discrete Math.] – Moskva : Nauka, 2007. – Т. 19, Вып. 2. – pp. 78-84. (in Russian).
8. Larin O. M., Gritsina I. M. and Gritsina N. I. *Inzhenerna tehnika ta spetsialni mashiny dlya likvidatsiyi nadzvichaynih situatsiy* [Engineering machinery and special machines for disaster management]. – Harkiv: NUTZU, KP «Miskdruk», 2012 – 380 p. (in Ukrainian).
9. Harisov, G. H., Kalaydov, A. N. and Firsov A. V. *Organizatsiya i vedeniye avariyno-spasatelnykh robotov* [Organization and doing accident and rescue works]. Moskva : Akademiya GPS MChS Rossii, 2013. – 276 p. (in Russian).
10. Afanasyeva Irina N., Usmanov Anton. R., Belostotskiy Alexandr M. Specific aspects of numerical simulation of civil engineering structures with cross section 193 shape close to rectangular. Congress Proceedings: WCCM XI – ECCM V – ECFD VI. – Barcelona, July 20-25, 2014. – pp. 7132-7143.
11. Senashov V. I. Characterizations of Layer-Finite Groups and Their Extensions // J. of Siberian Federal University. Mathematics and Physics. — 2009. — № 2(3). — P. 279–287.
12. Shupikov, Aleksander N., Smetankina, Natalia V. and Sheludko, Hely A.. Selection of Optimal Parameters of Multilayer Plats at Nonstationary Loading. Meccanica 33: 553-564, 1998. © 1998 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
13. Shupikov, A. N., Ugrimov, S. V. Vibration of multilayer plates under the effect of impulse loads. Tree-dimensional theory. International Journal of Solids and structures 36 (1999) 3391-3402.

Статья поступила в редколлегию 01.09.2016