

УДК 725:69.059.28

РОЗРОБКА МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ РУЙНУВАНЬ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ ПРОЯВІВ

ШАТОВ С. В.^{1*}, *д.т.н., доц.*,
ХМАРА Л. А.², *д.т.н., проф.*

^{1*} Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

² Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (05) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARA@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

Анотація. Постановка проблеми. Від дії техногенних та природних проявів відбувається пошкодження та руйнування будівель і споруд. Уламки таких об'єктів утворюють завали. Розбирання завалів виконується технікою, яка не відповідає вимогам рятувальних або відновлювальних робіт. Це призводить до збільшення часу з розбирання завалів та до виконання робіт за недосконалими технологічними схемами, що збільшує витрати на їх виробництво. Потрібна розробка та удосконалення машин і технології розбирання завалів зруйнованих будівель і споруд. **Мета.** Розробка машин та технології виконання робіт при ліквідації руйнувань будівельних об'єктів внаслідок техногенних та природних проявів. **Висновок.** Для ліквідації наслідків руйнування будівель і споруд використовується техніка, яка не відповідає вимогам цих процесів. Розроблені конструкції екскаваторів з обладнанням у вигляді ківшів та захватів, які забезпечують підвищення ефективності розбирання руйнувань об'єктів, зменшують кількість необхідної техніки на цих роботах. Розроблені технологічні схеми розміщення техніки та її переміщення під час ліквідації наслідків техногенних та природних подій з обмеженими напрямками виконання робіт.

Ключові слова: природні та техногенні аварії, руйнування будівель, робоче обладнання екскаваторів

РАЗРАБОТКА МАШИН И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗРУШЕНИЙ ОБЪЕКТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СОБЫТИЙ

ШАТОВ С. В.^{1*}, *д.т.н., доц.*,
ХМАРА Л. А.², *д.т.н., проф.*

^{1*} Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

² Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARA@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

Аннотация. Постановка проблемы. От действия техногенных и природных событий происходит повреждение и разрушение зданий и сооружений. Обломки таких объектов образуют завалы. Разборка завалов выполняется техникой, которая не отвечает требованиям спасательных или восстановительных работ. Это приводит к увеличению времени разборки завалов и к выполнению работ по несовершенным технологическим схемам, что увеличивает затраты на их производство. Необходима разработка и усовершенствование машин и технологии разборки завалов разрушенных зданий и сооружений. **Цель.** Разработка машин и технологии выполнения работ при ликвидации разрушений строительных объектов в результате техногенных и природных событий. **Вывод.** Для ликвидации последствий разрушений зданий и сооружений используется техника, которая не отвечает требованиям этих процессов. Разработаны конструкции экскаваторов с оборудованием в виде ковшей и захватов, которые обеспечивают повышение эффективности разборки разрушенных объектов, уменьшают количество необходимой техники на этих работах. Разработаны технологические схемы размещения техники и ее перемещения во время ликвидации последствий техногенных и природных событий с ограниченным направлением выполнения работ.

Ключевые слова: природные и техногенные аварии, разрушение зданий, рабочее оборудование экскаваторов

DEVELOPMENT OF MACHINES AND TECHNOLOGY OF IMPLEMENTATION OF WORKS AT LIQUIDATION OF DESTRUCTIONS OF OBJECTS AS A RESULT OF NATURAL AND TECHNOGENIC EVENTS

SHATOV S. V.^{1*}, *Dr. Sc., As. Prof.*,
KHMARA L. A.² *Dr. Sc., Prof.*

^{1*} Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

² Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARA@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

Summary. Raising of problem A damage and destruction of building and constructions originate from the action of technogenic and natural events. The wreckages of such objects form obstructions. Sorting out of obstructions is executed by a technique which does not answer the requirements of rescue or restoration works. It results in the increase of time of sorting out of obstructions and to implementation of works on imperfect flowsheets, that increases expenses on their production. Development and improvement of machines and technology of sorting out of obstructions of the destroyed building constructions are needed. **Purpose.** Development of machines and technology of implementation of works at liquidation of destructions of building objects as a result of technogenic and natural events. **Conclusion.** For liquidation of consequences of destructions of building and building a technique which does not answer the requirements of these processes is used. The constructions of power-shovels are worked out with an equipment as scoops and captures, which provide the increase of efficiency of sorting out of destructions of objects, diminish the amount of necessary technique on these works. The flowsheets of placing of technique and her moving are worked out during liquidation of consequences of technogenic and natural events with the limited direction of implementation of works.

Keywords: natural and technogenic failures, destruction of building, working equipment of power-shovels, constructions

Проблема. Від дії техногенних та природних проявів відбувається пошкодження та руйнування будівель і споруд. Уламки таких об'єктів утворюють завали. Зараз розбирання завалів виконується технікою, яка не відповідає вимогам рятувальних або відновлювальних робіт. Це призводить до збільшення часу з розбирання завалів та до виконання робіт за недосконалими технологічними схемами, що збільшує витрати на їх виробництво. Тому потрібна розробка та удосконалення машин і технології розбирання завалів зруйнованих будівель і споруд.

Аналіз публікацій. Проявами стихійних лих є землетруси, урагани, зсуви та повені. До техногенних аварій відносяться вибухи газу, пожежі, руйнування мереж водопостачання та каналізації [1; 5; 6; 9]. Аналіз характеру руйнувань об'єктів дозволяє визначити напрямки удосконалення машин для їх ліквідації. Щорічно на планеті від землетрусів відбувається значні втрати людей та різних типів будівель і споруд.

Протягом 2015 - 2017 р.р. значні руйнування від землетрусів відбулися у Ірані, Італії, Непалі, Індонезії та на Тайвані [7]. Будівлі та споруди були повністю або частково зруйновані (рис. 1). Уламки являли собою відокремлені будівельні елементи й конструкції, а також деформовані частини цих об'єктів. Найбільші за розмірами та масою уламками були колони та міжповерхові перекриття. Об'єм цих складових частин будівель складав 0,8...1,2 м³. Розташування уламків було хаотичне. Відстань

завалів від зруйнованих будівель була в межах 20...30 м.

Більша кількість завалів перекривала проїзду частину доріг, що ускладнювало проведення відновлювальних робіт.



а



б

Рис. 1. Зруйновані землетрусом об'єкти у:
а – Ірані (2017 р.); б – Непалі (2015 р.)

Розбирання завалів виконувалось у такій послідовності: розчищення доріг для руху техніки; підготовка майданчика для виконання робіт; обвалення пошкоджених будівельних конструкцій, що загрожують падінням; руйнування пошкоджених

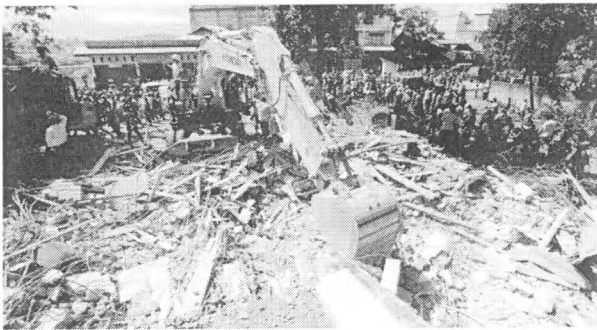
конструкцій та великогабаритних уламків; навантаження й вивіз продуктів розбирання завалів [1 – 3; 8; 11]. На всіх етапах робіт використовувалася різноманітна будівельна техніка (рис. 2): телескопічні підйомники та крани, екскаватори, навантажувачі.



а



б



в



г

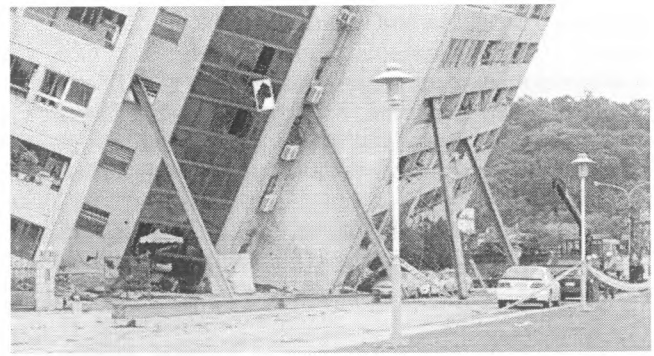
*Рис. 2. Використання техніки для розбирання уламків будівель:
а – телескопічні підйомники; б – автокрани; в – екскаватори; г – навантажувачі*

У тому разі, коли будівельні об'єкти отримували деформації та знаходилися у нестійкому положенні, їх закріплювали підпорками та приймали рішення про їх відновлення (рис. 3) – вирівнювали будівлю за

допомогою домкратів і виконували заходи з придання стійкості та відновлення пошкоджених частин.



а



б

*Рис. 3. Закріплення нестійких об'єктів при ліквідації наслідків землетрусу на Тайвані у 2018 році:
а – загальний вигляд будівлі; б – розташування підпорок для забезпечення стійкості будівлі*

При значних руйнуваннях та з метою скорочення часу прибирання уламків будівель, організація робіт полягала у залученні значної кількості техніки (рис. 4). При цьому використовувалися екскаватори з різними видами робочих органів: ківші, захвати гідрожожиці. Така технологічна схема використання техніки для розбирання завалів забезпечує високу продуктивність, але може бути використана при значних обсягах робіт і коли відсутні обмеження у робочих зонах машин, що при розборці завалів зустрічається не часто.



Рис. 4. Розбирання руйнувань одночасним використанням декількох екскаваторів з різним робочим обладнанням

Недоліком відомих технологічних схем розбирання завалів є відсутність рішень щодо вилучення уламків у стиснених умовах, коли у зоні завалів можливо розташувати одну – дві машини. Тому потрібна розробка робочого обладнання засобів механізації для розбирання завалів, які виконують декілька технологічних операцій.

Метою досліджень є розробка машин та технології виконання робіт при ліквідації руйнувань будівельних об'єктів внаслідок техногенних та природних проявів.

Результати дослідження. Для виконання робіт з розбирання уламків зруйнованих будівель і споруд в стиснених умовах та при обмеженій кількості одиниць техніки запропоновано встановлення на базі екскаваторів багатоцільового обладнання (БЦО), яке має [10] ківш зворотної лопати та гідрокеровану шелепу або захват (рис. 5). Виконання БЦО із шелепою дозволяє виконувати наступні технологічні операції:

- при притиснутій шелепі 16 до ківша 15 проводити їх заповнення дрібними уламками (рис. 6, а);
- поворотом шелепи 16 виконувати схоплення та притиснення до ківша 15 великих уламків завалів (рис. 6, б);
- виконувати обвалення нестійких елементів зруйнованих або пошкоджених будівель (рис. 6, в);
- виконувати відновлення комунальних мереж: проводити розробку ґрунтів та замінювати пошкоджені ділянки трубопроводів (рис. 6, г);

- виконувати технологічні операції іншими робочими органами, які схоплюються багатоцільовим обладнанням: подрібнювати великогабаритні уламки гідромолотом (рис. 6, д); ущільнювати ґрунт або інші будівельні матеріали трамбівкою при відновленні інженерних мереж;

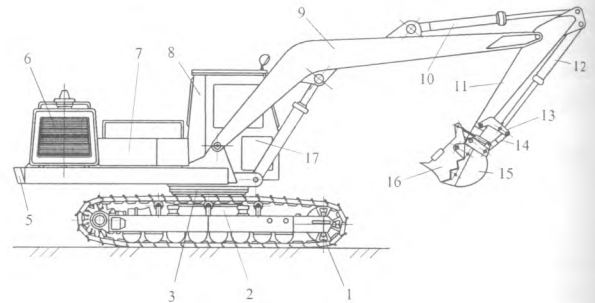


Рис. 5. Багатоцільове обладнання на базі гусеничного екскаватора

- завантажувати уламки у транспортні засоби або розвантажувати їх на склади-майданчики (рис. 6, е);
- при технологічній необхідності виконувати розробку ґрунтів та інших середовищ або будівельних матеріалів (рис. 6, а).

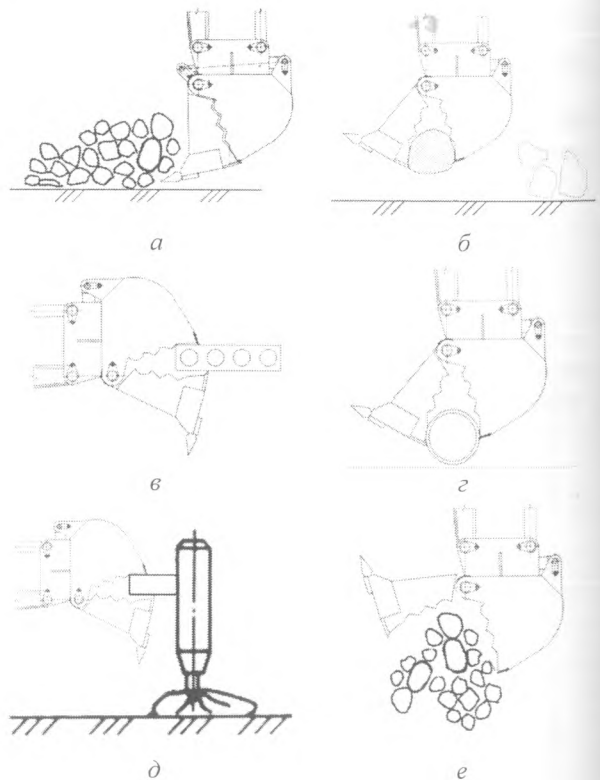


Рис. 6. Технологічні операції, які виконує БЦО: а – розробка дрібних уламків; б – схоплення великих уламків; в – обвалення нестійких елементів будівель; г – відновлення інженерних мереж; д – схоплення інших робочих органів; е – завантаження уламків у транспорт

Розроблені різноманітні конструкції (рис. 7) такого обладнання в залежності від конкретних умов виробництва робіт: поворотні ківші із щелепою (рис. 7, а, г) та з декількома зубцями-захватами (рис. 7, е) – для зміни положення ківша при вільному розташуванні уламків у просторі; ківш із щелепою та

боковими ребристими накладками (рис. 7, б) – для надійного схоплення різних за формою уламків; ківші з керованим зубом розпушника-захвата (рис. 7, в, д) – для подрібнення великогабаритних уламків та їх схоплення. Всі розроблені конструкції захищені патентами України.

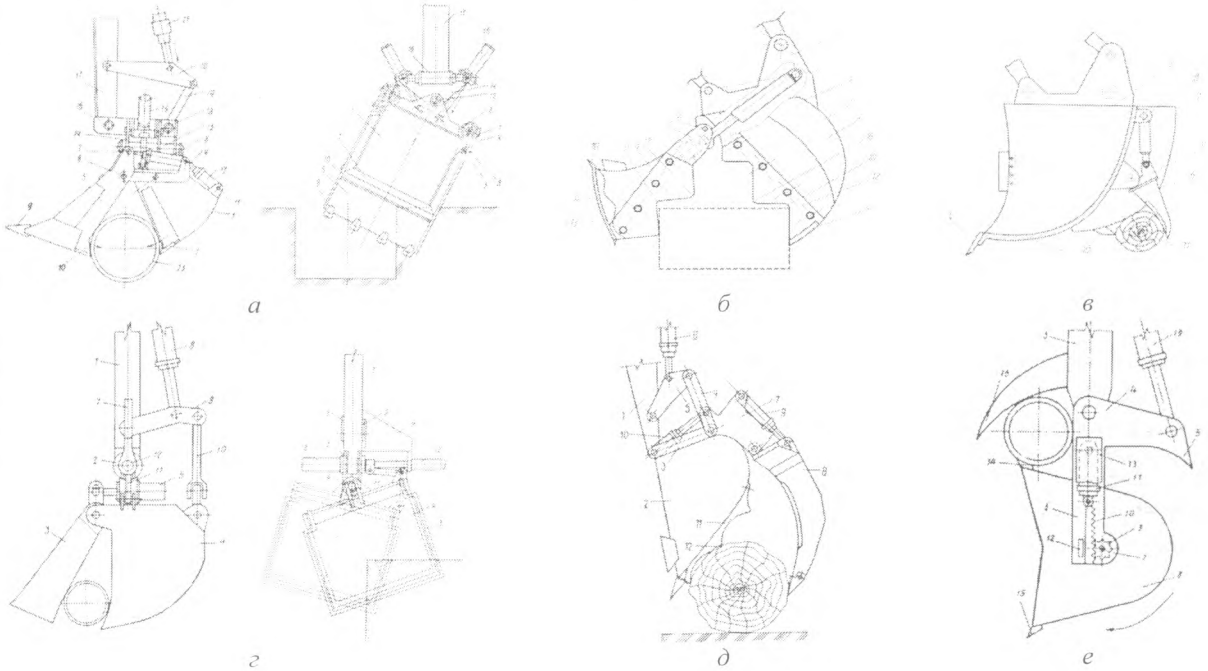


Рис. 7. Види робочого обладнання багатоцільового призначення:

а, г – поворотний ківш із щелепою; б – ківш із щелепою та боковими ребристими накладками; в, д – ківш з керованим зубом розпушника-захвата; е – поворотний ківш з декількома зубцями-захватами

У разі використання екскаваторів з багатоцільовим обладнанням для розбирання завалів, розроблюється технологічна схема, яка враховує конкретні умови ліквідації надзвичайної події.

Розбирання завалу з одного напрямку виконується, коли доступ та маневрування техніки до завалу Z_1 обмежені наявністю тільки однієї транспортної мережі B_1 (рис. 8). Аналіз проведення робіт за такою схемою розбирання завалу у 2007 році у Дніпропетровську показав [6], що замість традиційних робочих органів машин доцільно використовувати багатоцільові засоби механізації (ківші з щелепою) встановлені на екскаваторах: телескопічному $\Gamma_{етт}$ та із зворотною лопатою $\Gamma_{ец}$.

Перед розбиранням завалу визначають необхідність тимчасового укріплення або демонтажу нестійких будівельних конструкцій залишків будівлі й виконують ці заходи. Для забезпечення безпеки робіт із розбирання нестійких елементів будівель з урахуванням можливої наявності потерпілих, розроблені пропозиції їх тимчасового укріплення та розбирання за допомогою вантажопідйомного обладнання консольного і прольотного типів та підйомників [12].

Розробку завалу починають екскаватором із зворотною лопатою $\Gamma_{ец}$ та ківшем із щелепою.

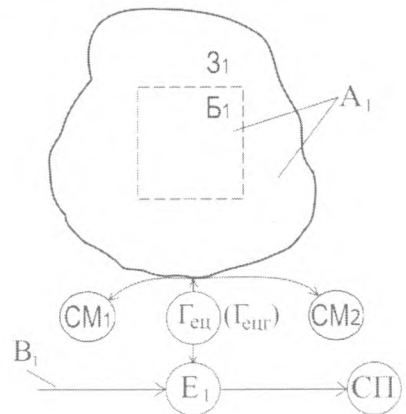


Рис. 8. Схема розміщення техніки при розбиранні завалу зруйнованої будівлі з одного напрямку:
 $\Gamma_{ец}$ - БЦО з щелепним ківшем; $\Gamma_{етт}$ - телескопічний екскаватор з БЦО; $\Gamma_{ецг}$ - БЦО з гідромолотом;
 E_1 - транспорт; A_1 - зруйнований об'єкт; B_1 - будівля;
 B_1 - дорога; Z_1 - завал; СМ - склади-майданчики;
 СП - полігон складування уламків

У разі необхідності екскаватор $\Gamma_{ен}$ може схопити гідромолот ($\Gamma_{енг}$) та виконати подрібнення окремих уламків. Це дозволяє розчистити початок завалу для роботи телескопічного екскаватора $\Gamma_{енгт}$ із розбирання завалу у найвіддаленіших зонах.

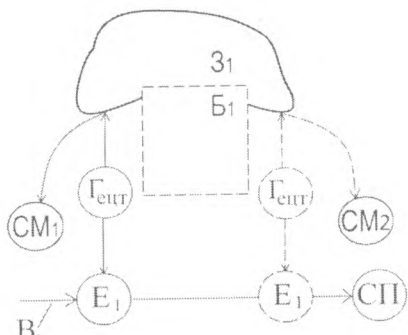


Рис. 9. Схема кінцевого етапу при розбиранні завалу зруйнованої будівлі з одного напрямку

Екскаватори $\Gamma_{ен}$ та $\Gamma_{енгт}$ схоплюють різні за об'ємом уламки, це не потребує використання інших видів техніки. Розвантаження уламків проводиться у склади-майданчики $СМ_1$ і $СМ_2$ або у транспортні

засоби $Е_1$. На завершальній стадії (рис. 9) залишки уламків розбирають екскаватором $\Gamma_{ен}$ або $\Gamma_{енгт}$.

Варіантом запропонованої організації робіт може бути схема, за якою замість екскаватора $\Gamma_{ен}$ використовується навантажувач з БЦО.

Висновки. 1. Зараз для ліквідації наслідків зруйнованих будівель і споруд використовується техніка, яка не відповідає вимогам цих процесів, що призводить до виконання відновлювальних робіт за недосконалими технологічними схемами, а це збільшує терміни і трудомісткість їх ведення особливо в стиснених умовах утворених завалів.

2. Розроблені конструкції екскаваторів з багатоцільовим обладнанням у вигляді ківшів із щелепою та захватів, які забезпечують підвищення ефективності розбирання руйнувань об'єктів, зменшують кількість необхідної техніки на цих роботах.

3. Розроблені технологічні схеми розміщення техніки та її переміщення під час ліквідації наслідків техногенних та природних подій з обмеженими напрямками виконання робіт, коли відсутні або заблоковані уламками транспортні мережі у місці надзвичайної події.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий : учеб. пособие в 3 кн. Кн. 1 / под ред. К. Е. Кочеткова, В. А. Котляревского, А. В. Забегаяева. – Москва : АСВ, 1995. – 320 с.
2. Бакин В. П. Снос поврежденных при землетрясениях зданий / В. П. Бакин, Н. С. Батыгин // Механизация строительства. – 1989. - № 6. – С. 10–11.
3. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять : ДСТУ 4933:2008. – Вид. офіц. ; Чинний від 2008-07-01 – Київ : Держстандарт України, 2008. – 38 с.
4. Казаков Б. Організація та проведення аварійно-рятувальних робіт на житлових будівлях і спорудах / Б. Казаков, Е. Чаюв // Надзвичайна ситуація. – 2007. – № 6. – С. 44–49.
5. Марков А. И. Аварии зданий и сооружений / А. И. Марков, М. А. Маркова. – Запорожье : Настрой, 2008. – 84 с.
6. Мірошниченко М. Вибух газу – це урок, який повинна засвоїти держава” / М. Мірошниченко // Надзвичайна ситуація. – 2007. - № 10. – С. 8–15.
7. Неукротимая планета. Когда природа сходит с ума / Д. Берни, Д. Гилпин, С. Койн, П. Симонс ; пер. с англ. – [Германия] : Дом Ридерз Дайджест, 2008. – 319 с.
8. Тараканов Н. Д. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ / Н. Д. Тараканов. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 303 с.
9. Трагічний вибух у Євпаторії // Надзвичайна ситуація. - 2009. - № 1. – С. 8–15.
10. Хмара Л. А. Технологічні особливості розбирання завалів зруйнованих будівель / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2010. – № 7. – С. 42 – 52.
11. Чумак С. П. Метод оценки объемов отдельных видов аварийно-спасательных работ при их планировании и подготовке / С. П. Чумак // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях : науч. информ. сб. / ВИНТИ. – Москва, 2001. – Вып. 3. – С. 176–184.
12. Шатов С. В. Організаційно-технологічні рішення розбирання пошкоджених та реконструйованих споруд та будівель / С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2013. - № 4. – С. 12–17.

REFERENCES

1. Kochetkov K.E., Kotlyarevskij V.A. and Zabegaeva A.V., eds. *Avarii i katastrofy. Preduprezhdenie i likvidaciya posledstvij* [Accidents and disasters. Prevention and mitigation]. Moskva: ASV, book 1, 1995, 320 p. (in Russian).
2. Bakin V.P. and Batygin N.S. *Snos povrezhdennykh pri zemletryaseniyaх zdaniy* [Demolition of damaged buildings by earthquakes]. *Mexanizaciya stroitel'stva* [Construction mechanization]. 1989, no. 6, pp. 10–11. (in Russian).
3. *Bezpeka u nadzvychajnykh sytuatsiiahk. Tekhnogenni nadzvichaini sytuatsii. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat: DSTU 4933:2008, chynnyi vid 2008-07-01* [Safety in emergency situations. Technogenic

- emergency situations. Terms and definitions of basic concepts: The State Standards of Ukraine 4933: 2008, dated on 2008-07-01]. Kyiv, 2008, 38 p. (in Ukrainian).
4. Kazakov B. and Chadov E. *Organizatsiia ta provedennia avarijno-riatuvalnykh robot na zhytlovykh budivliakh i sporudakh* [Organization and carrying of rescue works on residential buildings and structures]. *Nadzvychna situatsiia* [Emergency]. 2007, no. 6, pp. 44–49. (in Ukrainian).
 5. Markov A.I. and Markova M.A. *Avarii zdaniy i sooruzhenij* [Accidents buildings and constructions]. Zaporozh'e: Nastroj, 2008, 84 p. (in Russian).
 6. Mirosnichenko M. *Vybukh gazu – tse urok, yakij povynna zasvoity derzhava* " [Gas explosion - "This lesson should learn the state"]. *Nadzvychna situatsiia* [Emergency]. 2007, no. 10, pp. 8–15. (in Ukrainian).
 7. Berni D., Gilpin D., Kojn S. and Simons P. *Neukrotimaya planeta. Kogda priroda sxodit s uma* [Unrestrained planet. When nature goes mad]. Germaniya: Dom Riderz Dajzhest, 2008, 319 p. (in Russian).
 8. Tarakanov N.D. *Kompleksnaya mexanizaciya spasatel'nyx i neotlozhnyx avarijno-vosstanovitel'nyx robot* [Complex mechanization of rescue and emergency restoration works]. Moskva: Energoatomizdat, 1984, 303 p.
 9. *Trahichnyi vybukh u Evpatorii* [The tragic explosion in Yevpatoria]. *Nadzvychna situatsiia* [Emergency]. 2009, no. 1, pp. 8 - 15. (in Russian).
 10. Khmara L.A. nad Shatov S.V. *Tekhnologichni osoblyvosti rozbyrannia zavaliv zruinovanykh budivel* [Technological features of rubble demolition of destroyed buildings]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2010, no. 7, pp. 42–52. (in Ukrainian).
 11. Chumak S.P. *Metod ocenki ob'emov otdel'nyx vidov avarijno-spasatel'nykh robot pri ikh planirovanii i podgotovke* [Scope evaluation method of rescue operations certain types in their planning and preparation]. *Problemy bezopasnosti pri chrezvychnykh situatsiyah* [Security concerns in emergencies]. VINITI [All-Russian Institute for Scientific and Technical Information]. Moskva, 2001, iss. 3, pp. 176–184. (in Russian).
 12. Shatov S.V. *Orhanizatsiino-tekhnologichni rishennia rozbyrannia poshkodzhennykh ta rekonstruiovanykh sporud ta budivel* [Organizational and technological solutions of damaged and reconstructed constructions and buildings dismantling]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2013, no. 4, pp. 12–17. (in Ukrainian).