

УДК 621.868.27

Л. А. Хмара, д. т. н., проф.;
С. В. Шатов, к. т. н., доцент (ДВНЗ ПДАБА, Дніпропетровськ)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ЗАВАЛІВ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД (НА ОСНОВІ ФОТОАНАЛІЗУ СТРУКТУРИ ЗАВАЛІВ)

АННОТАЦІЯ. Розроблено алгоритм визначення розмірів і мас уламків завалів зруйнованих будівель і споруд, заснований на фотофіксації завалів і подальшій обробці отриманих даних. На основі алгоритму отримані дані про склад завалу зруйнованого вибухом газу житлового будинку. Розроблена методика визначення числа машин, необхідних для розбирання завалу, що базується на даних про об'єм і структуру завалу.

Ключові слова: стихійні лиха, техногенні аварії, зруйновані будівлі, завали, параметри уламків, засоби механізації.

АННОТАЦИЯ. Разработан алгоритм определения размеров и масс обломков завалов разрушенных зданий и сооружений, основанный на фотофиксации завалов и последующей обработке полученных данных. На основе алгоритма получены данные о составе завала разрушенного взрывом газа жилого дома. Разработана методика определения числа машин, необходимых для разборки завала, который базируется на данных об объеме и структуре завала.

Ключевые слова: стихийные бедствия, техногенные аварии, разрушенные здания, завалы, параметры обломков, средства механизации.

SUMMARY. The algorithm of determining a size and the masses of wreckages of obstructions of the blasted buildings and buildings is developed, based on photographing of obstructions and subsequent processing of the got data. On the basis of algorithm information is got about composition of obstruction of the gas of dwelling-house blasted an explosion. The method of determination of number of machines, necessary for sorting out of obstruction which is based on information about a volume and structure of obstruction is developed.

Keywords: natural calamities, technogenic failures, blasted buildings, obstructions, parameters of wreckages, facilities of mechanization.

Проблема. Стихійні лиха та техногенні аварії, які час від часу трапляються в Україні та в усьому світі, приводять до руйнування будівель та споруд. Під завалами цих руйнувань часто знаходяться потерпілі [1]. Для розбирання завалів та вилучення з-під них потерпілих використовуються різноманітні засоби механізації, які залучаються до виконання цих робіт без врахування структури завалів, що призводить до виконання цих робіт за недоскональними технологічними схемами. Це збільшує терміни та трудомісткість ведення рятувально – відновлюваних робіт. Тому створення наукових основ проектування машин для розбирання завалів та розробка технологічних схем їх використання із врахуванням структури завалів є актуальною науково – технічною проблемою.

Аналіз публікацій. Виконання рятувальних робіт у Вірменії, Дніпропетровську, Євпаторії, Луганську [2, 3, 4] показало, що завали, під якими можуть бути потерпілі, потрібно розбирати за найкоротший термін - 6...8 годин [5]. Найбільший термін перебування людей під завалами (якщо вони не травмовані, мають доступ повітря та води) може складати 5 діб [5]. Залежно від джерела аварії або стихійного лиха, їх потужності, часу дії та інших чинників, руйнування споруд та будівель має імовірний характер. У той же час є визначені окремі закономірності їх руйнування [6].

Організація робіт із розбирання завалів базується на відомостях про структуру завалу: розміри уламків та їх кількість. Зараз ці відомості отримували шляхом безпосереднього обстеження завалів рятувальниками: візуального огляду, інструменталь-

ного виміру уламків, фото – і відеозйомки [4]. Такі підходи до визначення параметрів уламків є небезпечними для рятувальників (можливі обвалення елементів завалів або нестійких конструкцій частково зруйнованих об'єктів) і не мали логічного продовження в питаннях організаційно-технологічних рекомендацій по розбиранню завалів. Такий аналіз структури завалу не дає повної інформації, що збільшує похибку у визначенні видів засобів механізації та їх кількості.

Результати досліджень. Для розробки обґрунтованих рішень по організації і проведенню робіт по розбиранню завалів пропонується проводити визначення параметрів уламків як в безпосередній близькості до завалів, так і в будь-якій точці планети, шляхом електронної фіксації завалу і подальшої обробки цих даних.

Алгоритм визначення розмірів уламків завалів приведений на рис. 1.

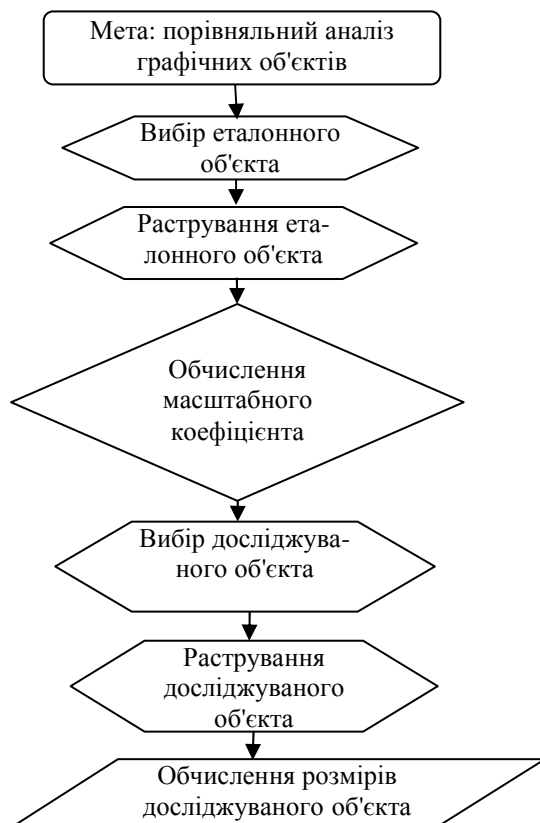


Рис. 1. Алгоритм порівняльного аналізу графічних об'єктів для визначення розмірів уламків завалів

Передбачається наступна послідовність робіт. Завал зі зруйнованим об'єктом фотографуються електронною апаратурою (рис. 2). На отриманому зображенні виділяється елемент **А** будівлі, який не отримав пошкодження і розміри якого відомі з проектної або нормативної документації (еталонний об'єкт).



Рис. 2. Зруйнована будівля і завал, розміри уламків якого визначаються

Потім послідовно виділяються уламки завалу, розміри яких необхідно визначити (наприклад, уламок **Б**). Проводиться растрівання еталонного елемента **А**, яке полягає у визначенні чисельного значення пікселів P_1 (крапок на фотознімку), якому відповідає розмір h (рис. 3, а). Обчислюється масштабний коефіцієнт k_1

$$k_1 = \frac{h}{P_1}, \quad (1)$$

де h – лінійний розмір еталонного елемента; P_1 – кількість пікселів.

Потім визначається необхідний розмір уламка **Б** (рис. 3, б)

$$L_i = k_1 \times P_{2_i}, \quad (2)$$

де L_i – лінійний розмір уламка; P_{2_i} – кількість пікселів.

По досліджуваному об'єкту можуть бути визначені три основні розміри, що дозволяє розрахувати його об'єм $V_{об.}$ та масу $m_{об.}$ (через щільність його матеріалу).

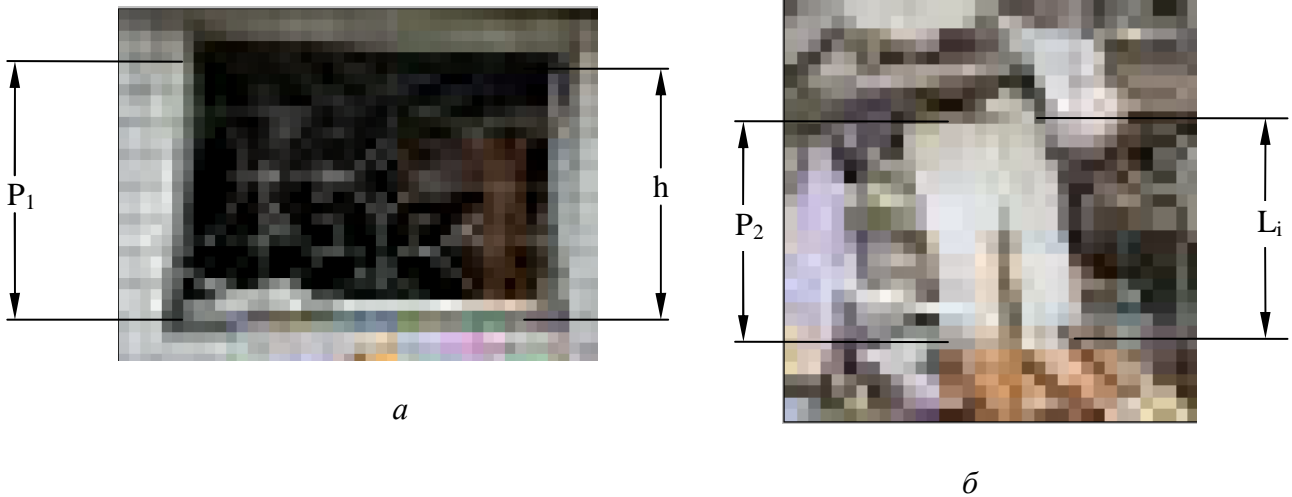


Рис. 3. Фрагменти зруйнованої будівлі і завалу: *a* - еталонний елемент А будівлі; *б* - уламок Б, лінійні розміри якого визначаються

Важливе значення для точності отриманих результатів має точка, з якою проводиться фотофіксація завалу і зруйнованої будівлі. Найменшу похибку на знімках матимуть уламки, які розташовуються строго перпендикулярно до осі зйомки фотофіксуючого апарата і знаходяться на незначній відстані від еталонного елемента будівлі. Тому в більшості випадків фотографування завалу доцільно виконувати зверху. Технічно це виконується з літального апарата (супутника, літака, гелікоптера) або за допомогою їх моделей, що діють. Таким чином, проаналізувати структуру завалу, розміри уламків і прийняти рішення про раціональну технологію ведення робіт можливо з будь-якої точки планети і за найкоротші терміни. На рис. 4 показана схема послідовного фотографування завалу і зруйнованої будівлі моделлю гелікоптера за різних її положень I – V.

Розроблений метод визначення розмірів уламків дозволяє фіксувати уламки, розташовані на поверхнях завалів. Тому обробка даних повинна вестися безперервно і паралельно виконанню робіт по розбиранню завалу.

В окремих випадках вимір уламків та їх фотографування може бути виконане дослідниками безпосередньо на зруйнованому об'єкті: з установкою вішок біля декількох уламків на різній відстані від фотофіксуючого апарата (рис. 5, а); інструментальним виміром одного або декількох еталонних

уламків і фотографуванням завалу та зруйнованої споруди (рис. 5, б).

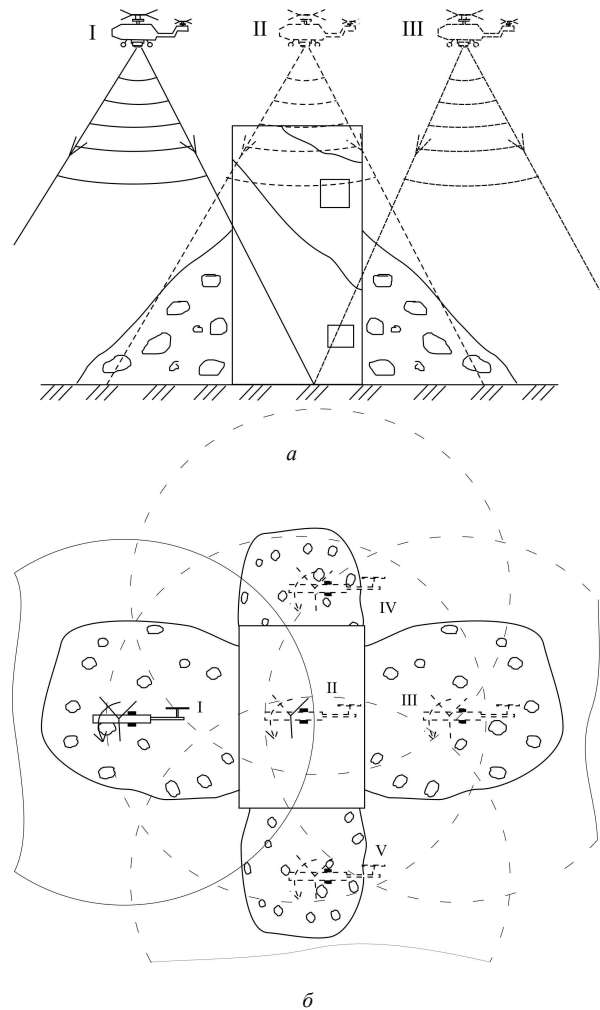


Рис.4. Схема фотографування завалу і зруйнованої будівлі моделлю гелікоптера: *a* – вигляд збоку; *б* – вигляд зверху

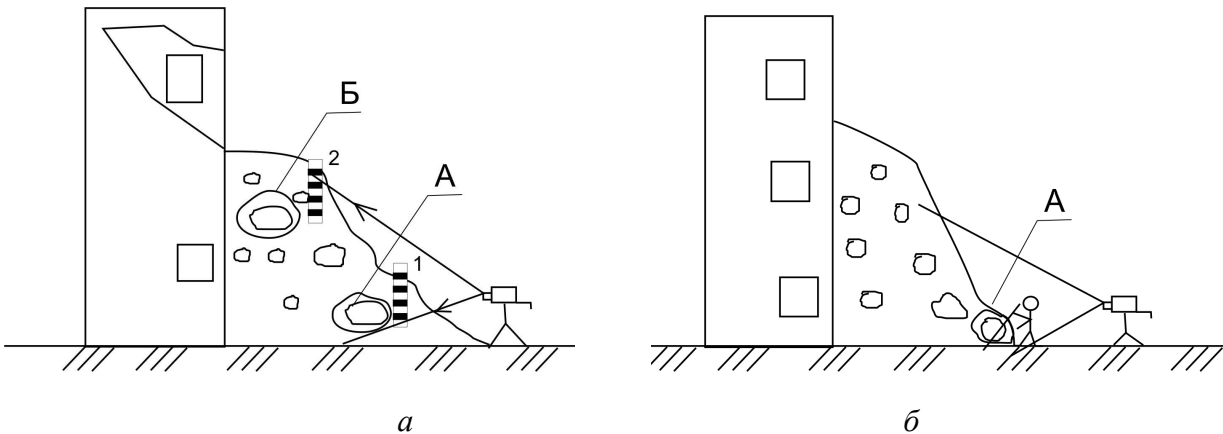


Рис. 5. Визначення розмірів уламків фотографування завалу:
 а - з установкою контрольних вішок 1 і 2;
 б - з інструментальним виміром одного або декількох еталонних уламків

Аналіз структури завалу будівлі, зруйнованого вибухом газу в м.Дніпропетровську [6], наведений в таблиці.

Таблиця

Розподіл об'єму елементів зруйнованої 10-поверхової будівлі за величиною елементів

Розмір елементів зруйнованої будівлі, об'єм/маса	більше 0,8 м ³ більше 1,7 т	0,5...0,8 м ³ 1,1...1,7 т.	0,1...0,5 м ³ 0,22...1,1 т	менше 0,1 м ³ менше 0,22 т
Обсяг елементів % (кі)	<u>10</u> 10	<u>30</u> 30	<u>38</u> 38	<u>22</u> 22

Дані про розміри і масу уламків є початковою інформацією для вибору видів техніки для розбирання завалів, а також для визначення кількісного складу цих машин. Уламки об'ємом більше 0,8 м³ доцільно піднімати із завалу вантажопідіймною технікою (самохідними кранами), а інші уламки (об'єм менше 0,8 м³) – екскаваторами або навантажувачами, які оснащені багатоцільовими робочими органами [7 - 9].

Кількісний склад машин для розбирання завалів визначається наступною послідовністю (на прикладі вантажопідіймною техніки) [10]:

1. Число вантажів (елементів) в завалі:

$$n_{\text{грі}} = \sum_i \frac{k_i \cdot V_{\text{грі}} \cdot \gamma_z}{G_{\text{грі}}}, \quad (3)$$

де k_i – коефіцієнт, що враховує фракційний-склад елементів зруйнованої споруди; $V_{\text{грі}}$ –

об'єм елементів; γ_z – об'ємна маса завалу, $\gamma_z = 1,5...1,7 \text{ т/м}^3$; $G_{\text{грі}}$ – маса вантажів

2. Час розбирання завалу $T_{\text{ВР}}$, коли необхідно прибрати всі уламки зруйнованої будівлі (відновлювані роботи):

$$T_{\text{ВР}} = T_{\text{ці}} \cdot n_{\text{грі}} = T_{\text{ці}} \sum_i \frac{k_i \cdot V_{\text{грі}} \cdot \gamma_z}{G_{\text{грі}}}, \quad (4)$$

де $T_{\text{ці}}$ – тривалість робочого циклу крана, $T_{\text{ці}} = T_{\text{П}} + T_{\text{ст}} + T_{\text{под}} + T_{\text{пов}} + T_{\text{оп}} + T_{\text{р}}$, де $T_{\text{П}}$ – час на пошук вантажу, який потрібно підняти; $T_{\text{ст}}$ – час стропування вантажу; $T_{\text{под}}$ – час підйому; $T_{\text{пов}}$ – час повороту вантажу; $T_{\text{оп}}$ – час опускання; $T_{\text{р}}$ – час розстропування вантажу.

3. Час розбирання завалу та зруйнованої будівлі $T_{\text{РР}}$, коли забирається частина

крупних уламків і не рушають дрібні уламки (рятувальні роботи):

$$T_{PP} = T_{ци} \cdot k_n \cdot \sum_{i=1}^m \frac{k_{(i-m)} \cdot V_{грі} \cdot \gamma_3 \cdot P_{Gi}}{G_{ГР(i-m)}} \quad (5)$$

де $(i-m)$ – вантажі без дрібних елементів; k_n – коефіцієнт, що враховує підйом частини елементів зруйнованої будівлі при рятувальних роботах, $k_n = 0,3 \dots 0,5$; P_{Gi} – вірогідність появи відповідного вантажу.

Вірогідність появи вантажу певної маси може бути представлена на підставі теорії масового обслуговування, як вірогідність появи числа, подій для стаціонарних (Пуасонівських) потоків [11].

$$P_{(n)} = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda t} \quad (6)$$

де n – число подій (вантажів) в системі; λ – інтенсивність появи вантажів; t – проміжок часу, в перебігу якого здійснюється подія.

Стосовно даної задачі вираз (4) прийме вигляд:

$$P_{Gi} = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! \cdot \Psi^n}{(m-n)!}} \quad (7)$$

де m – максимально можливе число вантажів в завалі; Ψ – коефіцієнт завантаження крана,

$$\Psi = \lambda / \mu,$$

де λ – інтенсивність надходження транспортних засобів для вивозу елементів завалу; μ – інтенсивність роботи крана.

$$\Psi = \frac{T_{ц} - T_{п}}{T_{ц}}$$

Для даного завдання $P_{Gi} = 0,1 \dots 0,7$.

4. Кількість вантажопідйомної техніки (кранів) з урахуванням чинника часу T_{ϕ} на рятувальні та відновлювані роботи

$$N_{PP} = \frac{T_{CпP}}{T_{\phi}}; N_{BP} = \frac{T_{BcP}}{T_B} \quad (8)$$

де T_{ϕ} – мінімальний час на розбирання завалу (чинник часу), $T_{\phi} = 6 \dots 8$ годин; T_B – час на відновлювані роботи.

Всі описані етапи даної методики визначення розмірів уламків, вибору складу машин і їх кількості входять в електронну базу алгоритму ухвалення науково - обґрунтованих організаційно-технологічних рішень розбирання завалів зруйнованих будівель і споруд [6], що дозволяє в мінімальні терміни скласти ці рішення для їх реалізації.

На базі аналізу характеру руйнувань та структури завалів зруйнованих будівель розроблені технологічні рішення з розбирання завалів (рис. 6).

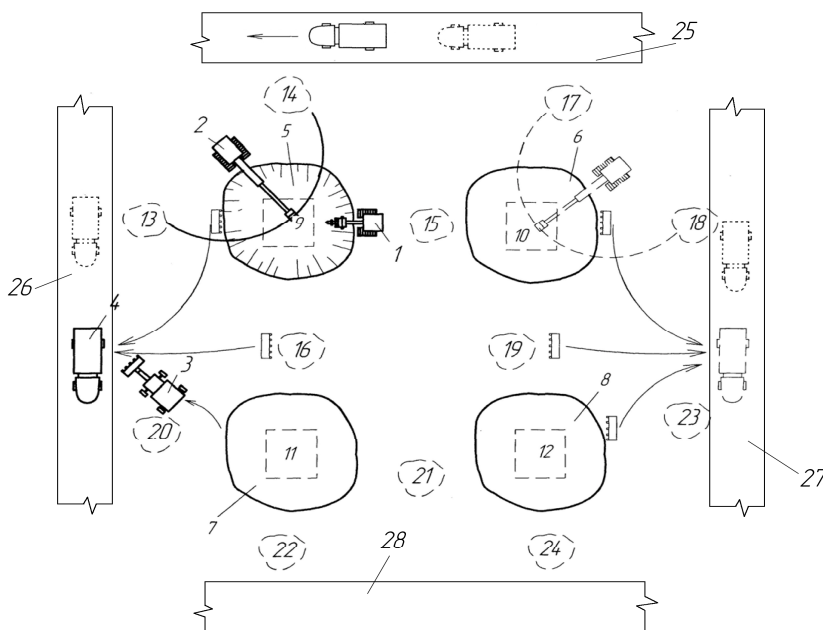


Рис. 6. Схема розташування засобів механізації при розбиранні завалів

Для виконання запропонованого способу розбирання завалів використовується будівельна техніка: екскаватор з гідромолотом 1, телескопічний екскаватор із багатоцільовим робочим обладнанням з ківшем та щелепою 2, ківшовий навантажувач 3, транспортні засоби (автосамоскиди) 4. Ця техніка розбирає завали 5 - 8, які утворилися при руйнуванні декількох споруд 9 - 12. Уламки будівель частково накопичують на майданчиках – відвалах (складах) 13 - 24. Транспортування уламків виконують по транспортним мережам 25 – 28.

На початковій стадії розбирання завалів декількох зруйнованих будівель роботи виконують на суміжних завалах двох зруйнованих будівель. Після руйнування нестійких елементів будівель та великих уламків екскаватором з гідромолотом 1, а також елементи будівель розбирають по черговою телескопічним екскаватором 2 та ковшовим навантажувачем 3. Телескопічний екскаватор 2 розташовують так, щоб він своєю робочою зоною перекривав половину території завалу, який розбирається. Екскаватором 2 захоплюють уламки, що знаходяться на найбільшій відстані від краю завалу. Екскаватор 2 розвантажує уламки в транспортні засоби 4 (автосамоскиди) або на майданчики-відвали 15 та 16. Уламки, які знаходяться на краю завалів (біля майданчика 14), а також уламки з майданчика-відвалу 15, захоплюють ківшовим навантажувачем 3, переміщують до місця розташування автосамоскидів 4 та їх завантажують.

Після закінчення розбирання уламків із завалів між зонами майданчиків 15 та 16 (рис. 6), телескопічний екскаватор 2 встановлюють між майданчиками 13 та 14 і захоплюють решту уламків зруйнованої будівлі 9, які навантажують у транспортні засоби або накопичують на майданчиках 13 та 14. Потім переставляють техніку для розбирання завалу зруйнованої будівлі 10. Схему робіт повторюють аналогічно розбиранню завалу зруйнованої будівлі 9.

На кінцевому етапі розбирають завал зруйнованої будівлі 12. Розбирання проводять по черговою роботою телескопічного

екскаватора 2 з багатоцільовим робочим обладнанням, ківшового навантажувача 3 та екскаватора 1. На всіх етапах робіт не використовують ручну працю стропальників вантажів, що підвищує безпеку виконання робіт.

Для розбирання завалів розроблені різноманітні засоби механізації на базі основних видів будівельної техніки (рис. 7).

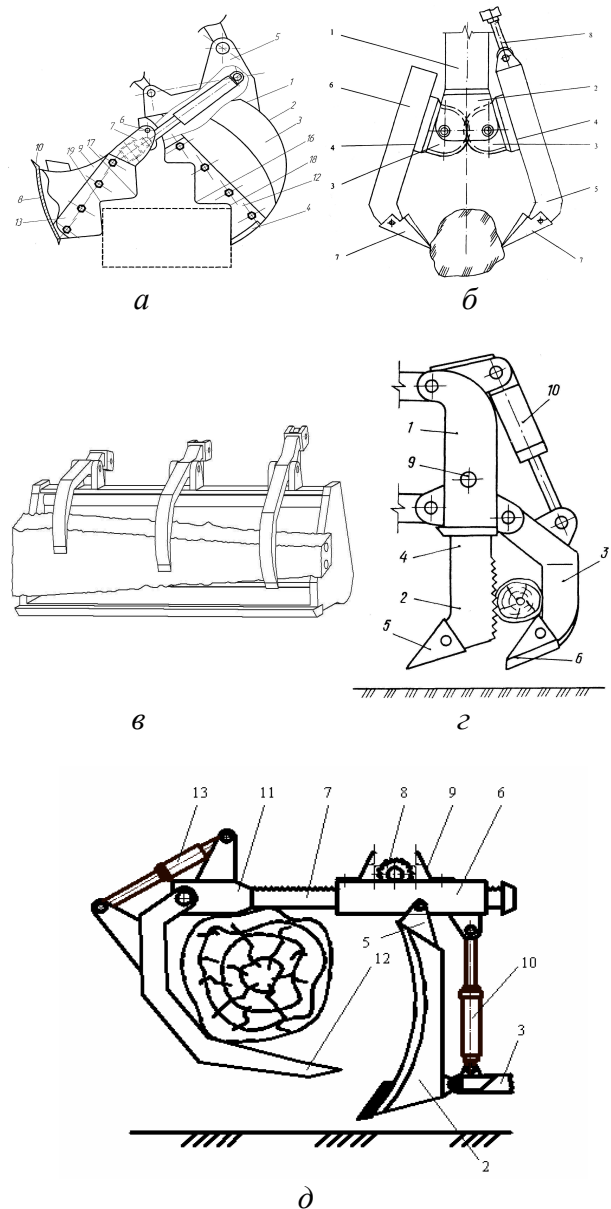


Рис. 7. Засоби механізації, які розроблені для розбирання завалів: а - щелепний ківш екскаватора; б - захват екскаватора; в - ківш із захватами навантажувача; г - розпушувач із гідрокерованими зубцями; д - бульдозер із захватами

Висновки.

1. Розроблено алгоритм визначення розмірів і мас уламків завалів зруйнованих будівель і споруд, заснований на фотофіксації завалів і подальшої обробці отриманих даних.

2. На основі розробленого алгоритму отримані дані про склад завалу зруйнованого вибухом газу житлового будинку.

3. Розроблена методика визначення числа машин, необхідних для розбирання завалу, що базується на даних про об'єм і структуру завалу.

Література

1. *Цивільний захист* - один з пріоритетів національної безпеки // Надзвичайна ситуація, 2009. - № 2. - С. 34-38.
2. *Мірошниченко М.* Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава” // Надзвичайна ситуація, 2007. - № 10. - С. 8-15.
3. *Трагічний вибух у Євпаторії* // Надзвичайна ситуація, 2009. - № 1. - С. 8-15.
4. *Бакин В. П.* Механізація на розборке завалов // Механізація строительства, 1989. - № 5. - С. 7-8.
5. *Чумак С. П.* Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений // Пробл. безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ, 2008. - Вып. 4. - С. 55-62.
6. *Хмара Л. А., Шатов С. В.* Технологічні особливості розбирання завалів зруйнованих будівель. / Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2010. - № 7. - С. 32-43.
7. *Хмара Л. А., Шатов С. В.* Використання будівельної техніки для виконання рятувальних та відновлювальних робіт при ліквідації наслідків стихійних лих та аварій // Будівництво України, 2008. - № 5. - С. 34-39.
8. *Хмара Л. А., Шатов С. В.* Определение параметров рабочего оборудования экскаваторов для разборки завалов разрушенных зданий / Зб. наук. пр. Полтав. нац. техн. ун-ту ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 23. - Том 2. Полтава : ПолНТУ, 2009. - С. 146-157.
9. *Машини для земляних робіт* : Навчальний посібник / Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В. та інші. Під загальною редакцією проф. Хмари Л. А. та проф. Кравця С. В. Рівне – Дніпропетровськ - Харків. – 2010. - 557с.
10. *Хмара Л. А., Шатов С. В.* Механізація работ и расчет потребности в грузоподъемных средствах при разборке разрушенных сооружений. // Механізація строительства. - № 2. - С. 22-27.
11. *Кудрявцев Е. М.* Комплексная механизация, автоматизация и механооруженность строительства. – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.

Рецензент: А. І. Білоконь, д-р т. н., проф. (ПДАБА, Дніпропетровськ)

Отримано: 21.03. 2011 р.