

УДК 621.868.27

Л. А. Хмара, д. т. н., проф.;  
С. В. Шатов, к. т. н., доц. (ПДАБА, Дніпропетровськ)**ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗБИРАННЯ ЗАВАЛІВ ЗРУЙНОВАНИХ  
БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

*АНОТАЦІЯ.* Розроблена структурна схема вихідної інформації для прийняття організаційно – технологічних рішень з розбирання завалів зруйнованих будівель. Розглянуті складові частини структурної схеми.

*Ключові слова:* зруйновані будівлі, завали з уламків будівель, технологія розбирання завалів.

*АННОТАЦИЯ.* Разработана структурная схема исходной информации для принятия организационно – технологических решений по разбиранию завалов разрушенных зданий. Рассмотрены составляющие структурной схемы.

*Ключевые слова:* разрушенные здания, завалы из обломков зданий, технология разборки завалов.

*SUMMARY.* It is developed structural scheme of baseline information for making an organizational and technological decisions about disassembling of obstructions of destroyed buildings. It is considered constituent parts of structural scheme.

*Keywords:* blasted buildings, obstructions from the wreckages of buildings, technology of sorting out of obstructions

**Проблема.** Під дією техногенних катастроф, аварій або стихійних лих будівлі та споруди руйнуються, під завалами яких знаходяться потерпіли. Зараз розбирання завалів виконується різноманітною технікою, яка не завжди відповідає вимогам рятувальних або відновлювальних робіт, це призводить до виконання цих робіт за недоскональними технологічними схемами, а це збільшує терміни та трудомісткість їх ведення. Тому потрібне створення наукових основ проектування машин для термінового розбирання завалів та розробка технологічних схем їх використання.

**Аналіз публікацій.** Проявами техногенних катастроф та аварій є вибухи газу, пожежі, руйнування мереж водопостачання та каналізації. До стихійних лих відносяться землетруси, урагани, зсуви та повені. В залежності від джерела аварії або стихійного лиха, їх потужності, часу дії та інших основних і другорядних чинників, руйнування споруд та будівель має імовірний характер [3, 4, 5, 11, 12]. У той же час є визначені окремі закономірності їх руйнування. Знання цих закономірностей дозволить обґрунтовано та за короткий термін часу спланувати, організувати та виконати роботи з розбирання завалів, збільшити імовірність

уряткування потерпілих та підвищити безпеку роботи рятувальників.

У багатьох випадкових вибухів причиною є неправильне користування газом. Особливо великі катастрофи через вибух газу відбулись у 1968 році у Лондоні, у 2007 році у Дніпропетровську, у 2008 році у Євпаторії та у 2009 році у Луганську.

Вибух газу у Дніпропетровську стався у підвалі та на всіх поверхах третьої секції 10-поверхової панельної чотирьохсекційної будівлі. Велика потужність вибуху призвела до руйнації всіх поверхів та покрівлі третьої секції, значних деформацій поверхів та покрівлі четвертої секції. Висота завалу складала 12 – 15м (на рівні 4-го та 5-го поверхів). Загальна маса зруйнованої секції будівлі становила 2 тис. тонн [4].

Вибух газу у Євпаторії стався у підвалі третьої секції 5-поверхового панельного чотирьохсекційного будинку (рис. 1). У результаті вибуху була повністю зруйнована третя та значно пошкоджена четверта секції будинку [5]. Висота завалу складала 8 - 10м. Структура завалу була така, що зверху знаходилась значна кількість уламків великих розмірів 6,3 x 1,2 x 0,45м та 3,0 x 1,2 x 0,45м. Це головним чином плити перекриття.



Рис. 1 Зруйнований будинок у Євпаторії

Аналіз аварійно-рятувальних робіт показав, що розбирання завалів виконувалось у такій послідовності: підготовка майданчика для виконання робіт; обвалення ушкоджених будівельних конструкцій, що загрожують падінням; руйнування ушкоджених будівельних конструкцій і великогабаритних уламків; навантаження й вивіз продуктів розбирання завалів [1]. Недоліком відомої технологічної схеми розбирання завалів є необхідність заведення вручну строп вантажопідійомної техніки під уламки: це не завжди можливо й небезпечно.

**Метою статті** є визначення раціональної послідовності технологічних операцій та засобів механізації для цього.

**Результати досліджень.** Аналіз характеру руйнувань будівель показав, що є визначені закономірності їх руйнування в залежності від розміру уламків [1, 9]. Наявність даних про розміри та масу уламків дозволяє раціонально спланувати послідовність технологічних операцій з розбирання завалів, а також обґрунтовано залучати необхідну техніку. Уламки об'ємом  $0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$  та  $0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3$ , а також менше  $0,1 \text{ м}^3$  складають основну частину обсягу завалу – 90 % і тому для їх прибирання використовують техніку із ковшами – екскаватори та навантажувачі. Такі за розмірами уламки можуть заповнювати ковші цих машин. Уламки об'ємом більше  $0,8 \text{ м}^3$  та масою бі-

льше 1,7 т захоплюють та піднімають кранами або захватними пристроями на базі також екскаваторів та навантажувачів.

Роботи з ліквідації наслідків стихійних лих та техногенних аварій пов'язані з розчищенням територій від повністю зруйнованих будинків та споруд, або відновлення тих будинків, які зруйновані частково. Графічною інтерпретацією вказаних операцій може бути запропонована **структурна схема вихідної інформації для прийняття організаційно – технологічних рішень з розбирання завалів зруйнованих будівель**, яка представлена на рисунку 2.

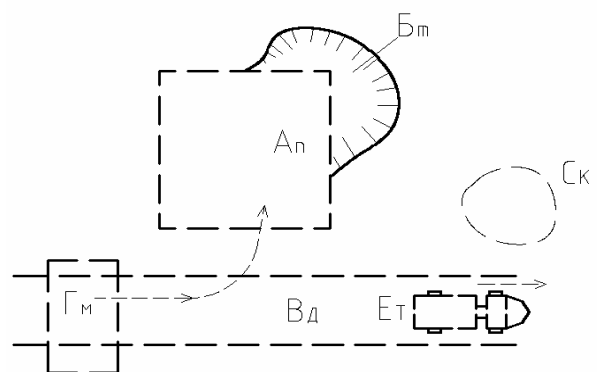


Рис. 2. Структурна схема вихідної інформації для прийняття організаційно – технологічних рішень з розбирання завалів зруйнованих будівель

На рис. 2 прийняті наступні позначення: А – зруйнований об'єкт; n – кількість зруйнованих об'єктів; Б – характер руйнування; m – кількість зруйнованих поверхонь об'єкта; В – наявність транспортних мереж (доріг, проїздів); д – кількість проїздів; Г – засоби механізації робіт з розбирання завалів; м – типи машин та механізмів; Е – засоби механізації транспортних робіт; т – кількість одиниць транспорту; С – склад (відвал) уламків; к – кількість складів.

Послідовність технологічних операцій та вибір засобів механізації для розбирання завалів наведена у вигляді алгоритму прийняття організаційно-технологічних рішень на рис. 3.

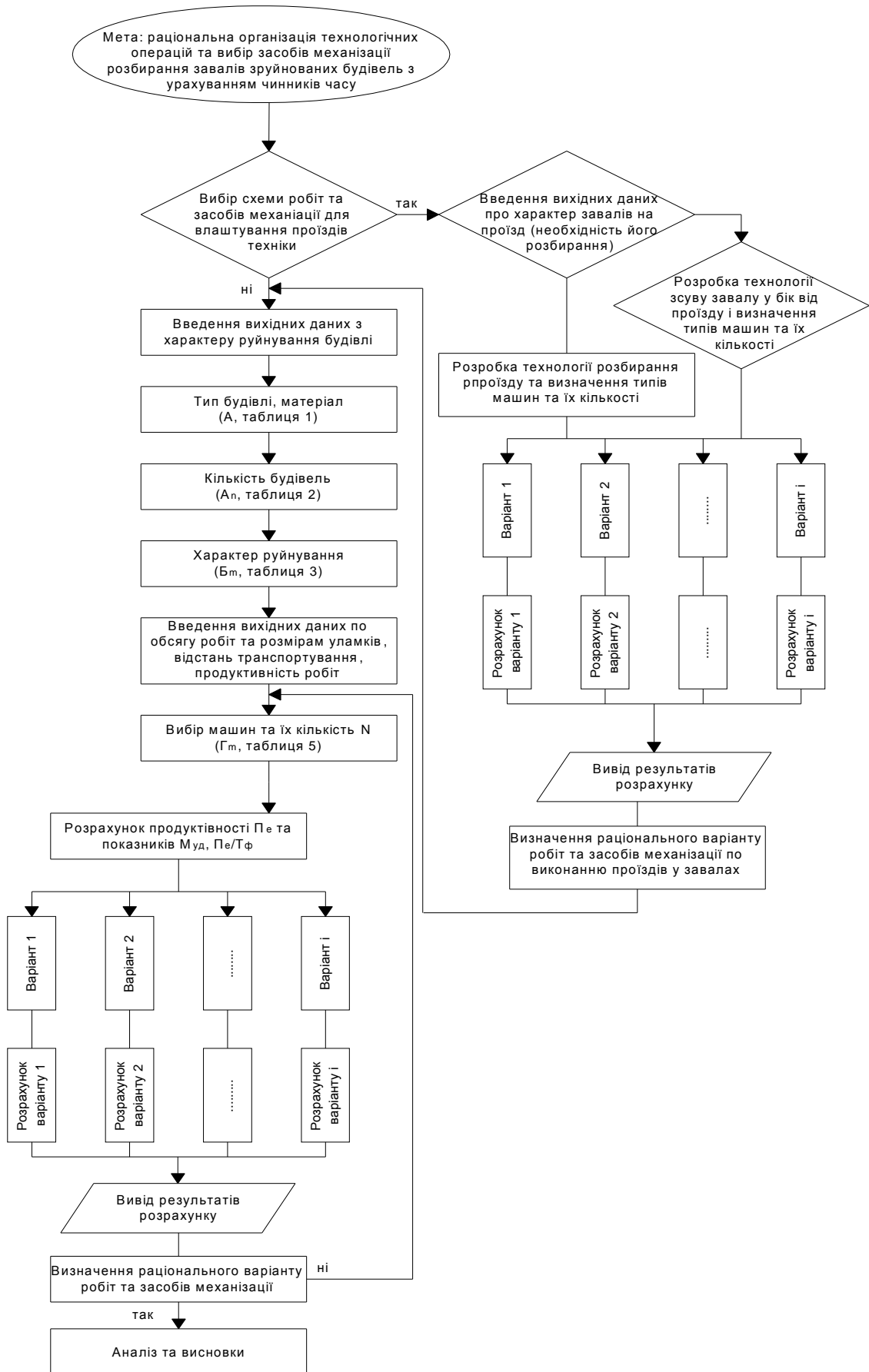


Рис. 3. Алгоритм визначення технологічної схеми та засобів механізації для розбирання завалів

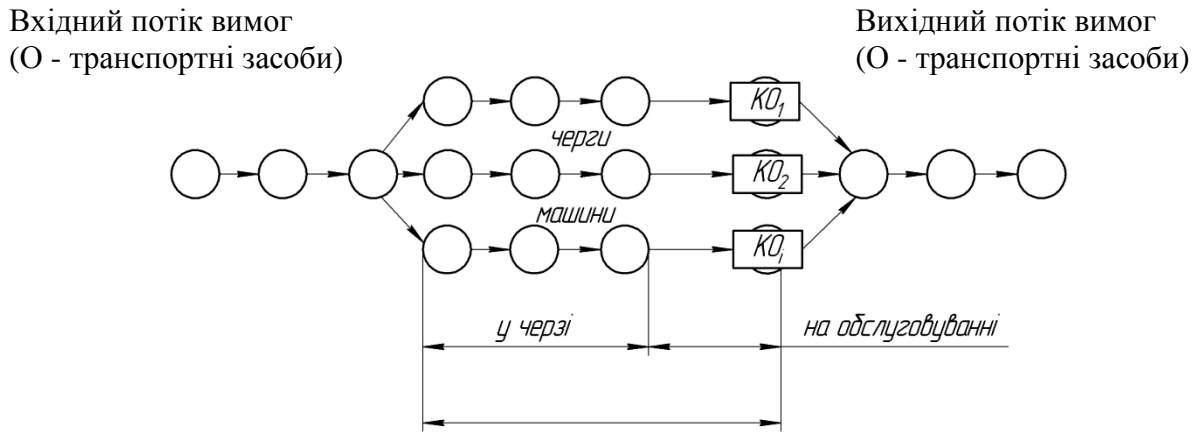


Рис. 4. Схема багатоканальної системи масового обслуговування: КО<sub>і</sub> – канали обслуговування (засоби механізації розбирання завалу)

Для зруйнованого об'єкта А та визначеного характеру його руйнування Б взаємодія засобів механізації Г<sub>м</sub> та транспортних засобів Е<sub>т</sub> можливо представити у вигляді розміченого графа [2] стану системи масового обслуговування (рис. 4 та 5).

Кожний стан системи позначається прямокутником і може переходити в інший стан (зміна кількості зруйнованих об'єктів, рятувальної та транспортної техніки, характеру руйнування будівлі).

Для визначення ймовірності Р<sub>т</sub>, F<sub>т</sub>...I<sub>т</sub> того, що в системі знаходиться «т» вимог (транспортні засоби), і також ймовірності Р<sub>м</sub>, F<sub>м</sub>...I<sub>м</sub> того, що в системі знаходиться

«м» каналів обслуговування (засоби механізації) необхідно скласти систему лінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dP_o}{dt} = -P_o \cdot \lambda \cdot m + P_1 \cdot \mu;$$

$$\frac{dP_2}{dt} = -P_2 \cdot [(m-2)\lambda + \mu] + P_1 \cdot (m-1)\lambda + P_3 \cdot \mu;$$

$$\frac{dP_1}{dt} = -P_1 \cdot [(m-1)\lambda + \mu] + P_o \cdot \lambda \cdot m + P_2 \cdot \mu;$$

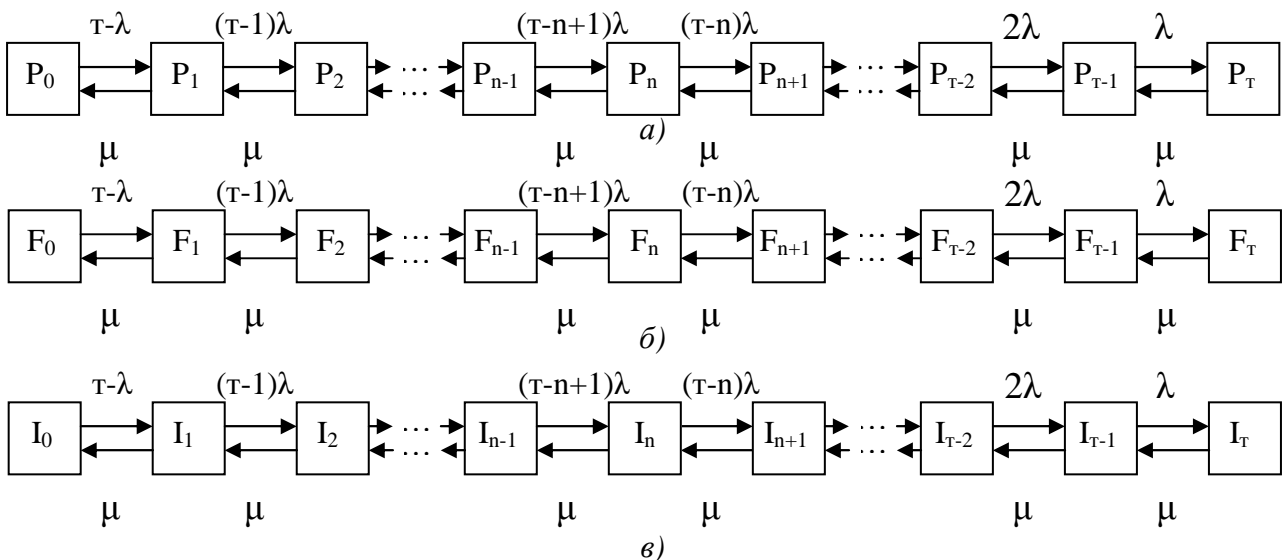


Рис. 5. Розмічений граф стану системи: а – для каналу обслуговування К1; б - для каналу обслуговування К2; в - для каналу обслуговування Кі. Р, F, I – ймовірність відповідної події; λ - інтенсивність надходження вимог; μ - інтенсивність каналу обслуговування.

$$\begin{aligned} \frac{dP_n}{dt} &= -P_n \cdot [(m-n)\lambda + \mu] + \\ &+ P_{n-1} \cdot (m-n+1)\lambda + P_{n+1} \cdot \mu; \\ P_1 &= m \cdot \psi \cdot P_0; \\ P_2 &= (m-1) \cdot \psi \cdot P_1; \\ P_3 &= (m-n+2) \cdot \psi \cdot P_{n-2}; \\ P_n &= (m-n+1) \cdot \psi \cdot P_{n-1}; \\ P_n &= \frac{m! \psi^n}{(m-n)!} P_0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $P_n$  – ймовірність того, що в системі знаходиться «т» вимог, тобто канал обслуговування зайнятий і в черзі знаходиться (т-1) вимога.

Ймовірність простою каналу обслуговування (ведучої машини):

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\sum_{n=0}^m \frac{m! \psi^n}{(m-n)!}} = \\ &= \frac{1}{\frac{m! \psi^0}{(m-0)!} + \sum_{n=0}^m \frac{m! \psi^n}{(m-n)!}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Середнє число машин, які знаходяться в системі:

$$\begin{aligned} \overline{N}_{cuc} &= \sum_{n=1}^m n P_n = m - \frac{1}{\psi} (1 - P_0), \quad (3) \\ \text{де } m &= \overline{N}_{cucm} + \frac{1}{\psi} (1 - P_0) = \\ &= \sum_{n=1}^m n P_n + \frac{1}{\psi} \sum_{n=1}^m P_n = \\ &= \sum_{n=1}^m n \cdot \frac{m! \psi^n}{(m-n)!} P_0 + \\ &+ \sum_{n=1}^m \frac{m! \psi^{n-1}}{(m-n)!}, \end{aligned}$$

де  $\frac{1}{\psi} (1 - P_0)$  – число вимог, які знаходяться зовні системи.

Середнє число машин, які знаходяться в черзі:

$$\begin{aligned} \overline{N}_4 &= \sum_{n=1}^m (n-1) P_n = \\ &= m - \frac{1}{\psi} (1 - P_0) - (1 - P_0). \end{aligned} \quad (4)$$

Середній час простою машин в системі:

$$t_{np} = \frac{\overline{N}_{cuc} \cdot \bar{t}_{pc}}{m - \overline{N}_{cuc}}. \quad (5)$$

Середній час чекання машин в черзі:

$$\bar{t}_{чек} = \bar{t}_{np} - \bar{t}_n. \quad (6)$$

Вирази (1) – (6) дозволяють визначити основні показники процесу обслуговування ведучими машинами (засоби механізації) вимог (транспортні засоби).

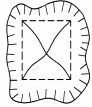
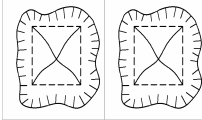

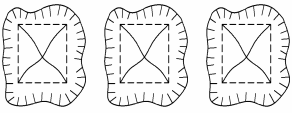
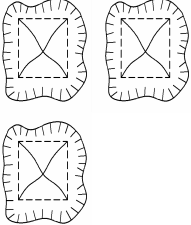
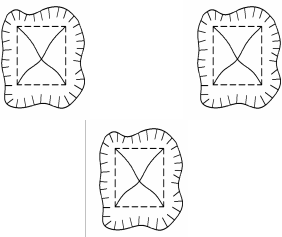
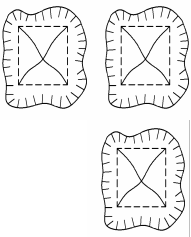
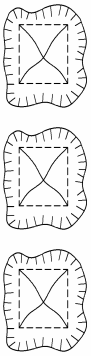
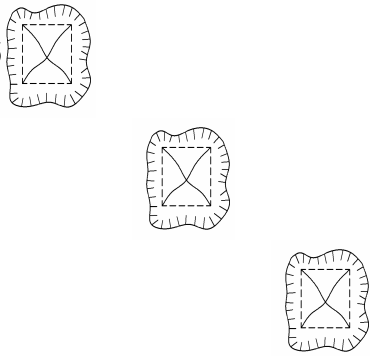
Складові частини структурної схеми вихідної інформації для прийняття організаційно – технологічних рішень з розбирання завалів зруйнованих будівель (рис. 1) представлені у табл. 1 – 5. У таблиці 1 наведені характеристики об'єктів А (будівель), які можуть бути зруйновані під дією стихійних лих та техногенних аварій.

Таблиця 1

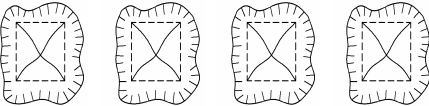
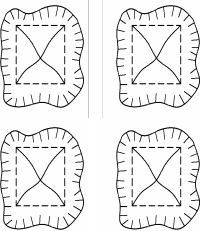
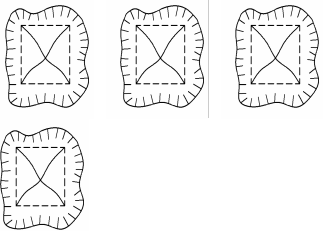
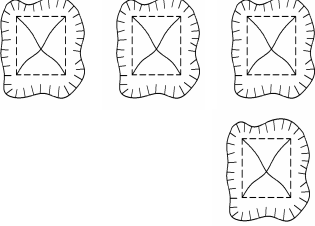
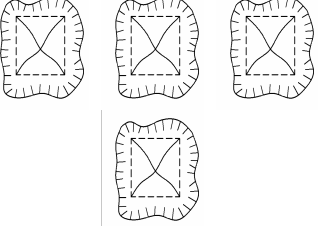
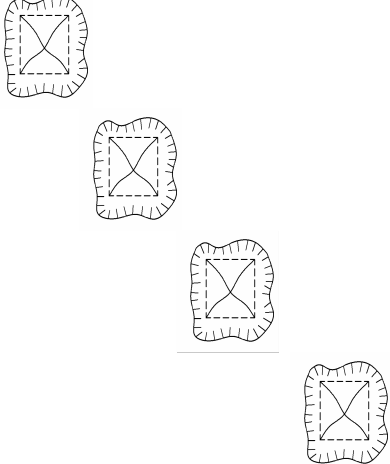
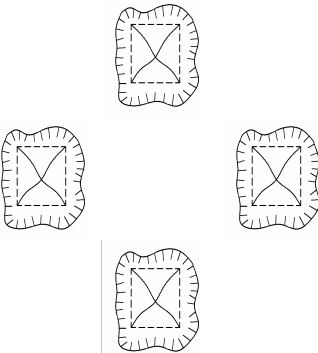
Характеристики будівель А- об'єкт	
А- об'єкт	
Найменування показника, параметр	Показник, параметр
Призначення	Житлова будівля
	Нежила будівля
Характер споруди	Цегляне
	Каркасне
	Збірне      Монолітне
Поверховість	1, 2, 3...10...27
Кількість секцій (під'їздів)	1, 2, 3, 4...
Термін експлуатації	..... років

На прийняття рішень з організації та проведення робіт щодо розбирання завалів зруйнованих будівель має значення їх кількість та розташування. Ці варіанти для кількості будівель від однієї до чотирьох наведені у табл. 2. Найбільш складна організація робіт пов'язана для трьох та чотирьох будівель, розташованих уступом (схеми 3.2 – 3.4, 4.2 – 4.5, 4.7). Для зруйнованих будівель, що розташовані за вказаними схемами складно використовувати значну кількість техніки у стислих умовах (доцільно використання багатофункціональних машин).

Схеми розташування об'єктів

A <sub>n</sub> -об'єкти		
Кількість об'єктів n	Схеми розташування об'єктів	
1. A <sub>1</sub>	1.1 – позначення схеми 	
2. A <sub>2</sub>	2.1 	2.2 
	3.1 	3.2 
3. A <sub>3</sub>	3.3 	3.4 
	3.5 	3.6 

Продовження таблиці 2

4. А <sub>4</sub>	4.1 	
	4.2 	4.3 
	4.4 	4.5 
	4.6 	4.7 

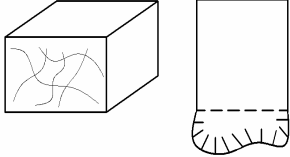
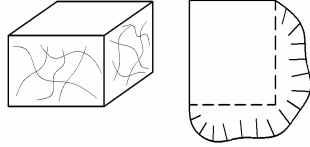
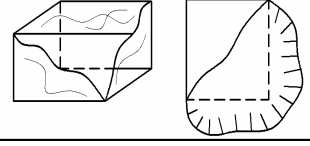
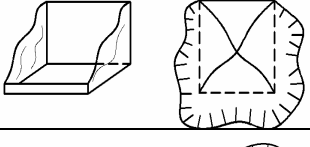
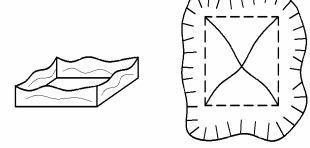

Характер руйнування Бм будівель залежить від багатьох чинників і може бути різний: коли зруйнована та пошкоджена одна або кілька поверхонь будівлі. Наслідком дії надзвичайної ситуації може бути локальне руйнування частини будівлі. В табл. 3 наведені можливі варіанти руйнування будівель в залежності від кількості зруйнованих поверхонь (стін та покрівлі). Як прави-

ло руйнування двох більше стін, приводить до руйнування або пошкодження покрівлі. Руйнування зовнішніх стін та покрівлі пов'язано з руйнуванням внутрішніх елементів будівель. Локальне руйнування пов'язане з руйнуванням частини внутрішніх та зовнішніх елементів будівлі ( вибух кисню у поліклініці м. Луганськ ) або окремих секцій багатосекційних будинків.

Таблиця 3

Характер руйнування будівель

$B_m$  – характер руйнування

Позначення	Кількість зруйнованих поверхонь $m$ , схема	
$B_1$	$m=1$	
$B_2$	$m=2$	
$B_3$	$m=3$	
$B_4$	$m=4$	
$B_5$	$m=5$	
$B_L$ Л - локальні руйнування	Л	

Важливим показником для розробки технологічних рішень з розбирання завалів є відомості про наявність транспортних мереж  $B_d$  для доставки й роботи засобів механізації та вивезення уламків. Термін розбирання завалу у Дніпропетровську два тижня був значною мірою пов'язаний з наявністю тільки одного проїзду для рятувальної техніки та транспортних засобів. За стислих умови ( з одного боку був розташований зруйнований будинок, а з іншого – приватні будівлі) додаткової дороги виконати було

неможливо. Тому втрати часу на зміну техніки були значними.

У Євпаторії до зруйнованого будинку та завалу під'їзд техніки був зручніший – з двох сторін. Це дозволило сконцентрувати значну кількість машин різного типу та прискорити виконання робіт – розбирання завалу було здійснено за кілька діб.

Можливі варіанти розташування транспортних мереж відносно різної кількості зруйнованих будівель наведені у табл. 4.



Наявність та розташування транспортних мереж

В <sub>дн</sub> – наявність доріг, проїздів	
Позначення	Кількість доріг, проїздів – д; кількість об'єктів – n, схема
V <sub>1</sub>	<p>Д = 1</p>
V <sub>2</sub>	<p>Д = 2</p>
V <sub>3</sub>	<p>Д = 3</p>
V <sub>4</sub>	<p>Д = 4</p>

Засобами механізації  $\Gamma_m$  можуть бути різноманітна техніка та механізований інструмент (табл. 5). Її кількість та типи машин і механізмів визначаються від виду об'єкту А, характеру його руйнування  $B_m$ , наявності транспортних мереж  $V_d$ . Авторами виконанні дослідження по визначенню кількості техніки в залежності від розміру та ваги уламків завалу [ 5, 6].

Аналіз розбирання завалів показує, що спеціалізовану техніку із традиційним обладнанням (крани з гаковою підвіскою, екскаватори та навантажувачі з ковшем, бульдозери з відвалами) доцільно використовувати при вільному, без обмежень по

відстані, доступі до завалу, а також при розбиранні завалів, уламки яких мають незначну різницю за їх розмірам та по масою. У цьому разі не виникає значної потреби у різноманітних за технологічними можливостями машинами.

У разі стислих умов розбирання завалу та значної неоднорідності його уламків, потрібне використання значної кількості машин традиційного виконання. Тому для розбирання завалів доцільним є використання багатоцільового обладнання на базі екскаваторів, навантажувачів та бульдозерів [ 7, 8, 9].

Засоби механізації робіт з розбирання завалів

Гм – засоби механізації										
Види машин	Бульдозер	Розпушувач	Навантажувач	Екскаватор, ківш	Екскаватор, захват	Екскаватор, багатоцільовий	Кран	Автосамоскид	Гідромолот	Механізований інструмент
Позначення	Г <sub>Б</sub>	Г <sub>Р</sub>	Г <sub>П</sub>	Г <sub>ЕК</sub>	Г <sub>ЕЗ</sub>	Г <sub>ЕБ</sub>	Г <sub>К</sub>	Г <sub>АВ</sub>	Г <sub>Г</sub>	Г <sub>МІ</sub>

На базі структурної схеми (рис. 2) та аналізу виду об'єкта А, характеру його руйнування Б<sub>м</sub> і засобів механізації Г<sub>м</sub>, розроблені організаційно – технологічні рішення з розбирання завалів зруйнованих будівель, які наведені на рис. 6.

Для виконання запропонованого способу розбирання завалів використовується будівельна техніка: екскаватор з гідромолотом 1, телескопічний екскаватор багатоцільового призначення з ковшем та щелепою 2, ківшовий навантажувач 3, транспортні засоби (автосамоскиди) 4 (рис.6 ). Ця техніка розбирає завали 5,6,7,8, які утворилися при руйнуванні споруд 9 - 12. Уламки будівель частково накопичують на майданчиках – відвалах (складах) 14, 15. На початковій стадії розбирання завалів кількох зруйнованих споруд роботи виконують на суміжних завалах двох зруйнованих буді-

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

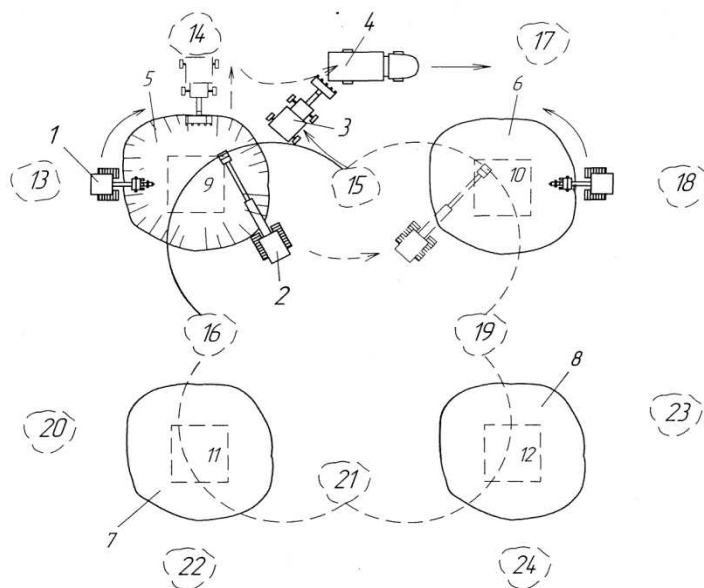


Рис. 6. Схема розташування техніки на розбиранні завалів зруйнованих будівель

Після закінчення розбирання уламків на завалі між зонами майданчиків 15 та 16, 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 почерговою роботою телескопічного екскаватора 2, ківшового навантажувача 3 та екскаватора 1. На всіх етапах робіт не використовують ручну працю стропальників вантажів, що підвищує безпеку виконання робіт.

#### Висновки.

1. В результаті аналізу характеру руйнувань будівель від дії техногенних аварій встановлена залежність розподілу обсягу уламків від їх розміру та маси, яка полягає у тому, що уламки об'ємом менше 0,8 м<sup>3</sup> складають 90 % обсягу завалу.

2. Розроблена структурна схема вихідної інформації для прийняття організаційно – технологічних рішень з розбирання завалів зруйнованих будівель, яка містить складові частини технологічного процесу їх розбирання: тип будівлі, їх кількість, характер руйнування, наявність транспортних мереж, типи засобів механізації.

3. Розроблені організаційно – технологічні рішення з розбирання завалів зруйнованих будівель, технологічні особливості яких полягають у почерговому використанні телескопічних екскаваторів з ківшем і гідромолотом та навантажувача, який забезпечує завантаження уламків у транспортні засоби.

#### Література

1. *Бакін В.П.* Механізація на розборке завалов. // Механізація будівництва. - 1989. - №5. –

- С. 7 - 8.
2. *Кудрявцев Е.М.* Комплексная механизация, автоматизация и механооруженность строительства. – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.
3. *Марков А.И., Маркова М.А.* Аварии зданий и сооружений. Запорожье: ООО “НАСТРОЙ”, 2008. – 84 с.
4. *Мірошніченко М.* Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава”. // Надзвичайна ситуація. - 2007. - № 10. – С. 8 - 15.
5. *Трагічний вибух у Євпаторії.* // Надзвичайна ситуація. - 2009. - № 1. – С. 8 - 15.
6. *Хмара Л.А., Шатов С.В.* Механизация работ и расчет потребности в грузоподъемных средствах при разборке разрушенных сооружений. // Механизация строительства. – 2007. - № 2. – С. 22 – 27.
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.* Применение бульдозеров и рыхлительных подвесок с рабочим оборудованием для ликвидации последствий техногенных катастроф. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, - 2009. - № 1. - С. 13 - 25.
9. *Хмара Л.А., Шатов С.В.* Технология ведения спасательных работ землеройно – манипуляторным оборудованием многоцелевого назначения. Всеукраїнський збірник науков. праць. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Вип. 71. К.: КНУБА, 2008. – С. 24 – 29.
10. *Хмара Л.А., Шатов С.В.* Усовершенствование погрузчиков для разборки завалов зданий, разрушенных под действием стихийных бедствий. Материалы междунар. научно-технич. конф-ции «Интерстроймех – 2009». Бишкек: Кыргызский гос. ун-тет ст-ва, транспорта и арх-ры. - 2009. - С. 151 - 159.
11. *Цивільний захист* - один з пріоритетів національної безпеки. // Надзвичайна ситуація. - 2009. - № 2. – С. 34 - 38.
12. *Чумак С.П.* Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ. - 2008. - Вып. 4. - С. 55 – 62.

Рецензент: В.Т.Шаленний, д.т.н., проф., (ПДАБА, Дніпропетровськ)

Отримано: 22.03.2010 р.