

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗБОРКИ ЗАВАЛОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ

Сергей Шатов

ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Украина, 49000, Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24а, e-mail: shatovsv@yandex.ua

Аннотация. При ликвидации аварий и стихийных бедствий гидравлические экскаваторы являются основными технологическими машинами при разборке завалов разрушенных зданий и сооружений. Разработано рабочее оборудование, которое может адаптироваться к разнообразной форме и размерам обломков разрушенных объектов, что сокращает время спасательных и восстановительных работ.

Ключевые слова: аварии, стихийные бедствия, разрушения, разборка завалов, оборудование экскаваторов.

ВВЕДЕНИЕ

Техногенные катастрофы, аварии и стихийные бедствия приводят к повреждению или разрушению зданий, сооружений и транспортных сетей. Под завалами разрушенных объектов могут находиться потерпевшие. Разборка завалов и поврежденных зданий выполняется машинами и механизмами, которые не отвечают требованиям этих работ, что приводит к выполнению спасательных или восстановительных работ по несовершенным технологическим схемами, а это увеличивает сроки и трудоемкость их ведения. Поэтому необходима разработка технологических решений разборки завалов, поврежденных или разрушенных зданий и сооружений с использованием новых типов машин и их рабочего оборудования.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проявлениями техногенных катастроф и аварий являются взрывы газа, пожара, разрушения сетей водоснабжения и канализации. К стихийным бедствиям относят землетрясения, ураганы, сдвиги грунта и наводнения. Сооружения и здания могут быть разрушены или повреждены во время военных конфликтов и террористических актов.

Разрушение сооружений и зданий в зависимости от источника аварии или стихийного бедствия, их мощности, времени действия и других факторов имеет вероятный характер [1 - 9]. В то же время определены отдельные закономерности их разрушения [10]. Знание этих закономерностей позволяет обоснованно спланировать и выполнить работы по разборке завалов и поврежденных зданий.

Анализ аварийно-спасательных работ в Армении (1989 г.), Нью-Йорке (2001 г.), Днепропетровске (2007 г.), Евпатории (2008 г.), Луганске (2009 г.), Астрахани (2011 г.), Харькове (2012 г.) показал, что разборка завалов и поврежденных зданий выполнялась путем подготовки площадки, обрушением неустойчивых строительных конструкций, разрушением поврежденных конструкций и крупногабаритных обломков; погрузкой и вывозом продуктов разборки завалов [1 -2]. На всех этапах используют самоходные краны с телескопической стрелой (рис. 1, а). Это позволяет захватывать и поднимать обломки завалов на расстоянии 30 – 40 м от крана. В качестве рабочего оборудования на кранах используют крюковые подвески со стропами.



а)

б)

Рис. 1. Разборка завалов в Днепропетровске (Украина, 2007 г.):

а - телескопическим краном; б – экскаватором с ковшом

Fig. 1. Sorting out the obstructions in Dnepropetrovsk (Ukraine, 2007):

а - with a telescopic faucet; б – with a power-shovel with a scoop



а)

б)

в)

Рис. 2. Рабочие органы для разборки завалов:

а - ковш с захватом в виде челюсти; б – гидрожницы; в – захват

Fig. 2. Labour bodies for sorting out obstructions:

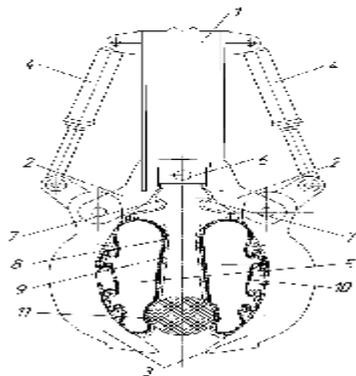
а - a scoop with a grip as a jaw; б – hydraulic shears; в – a *grip*

Существенным недостатком такого оборудования является необходимость заведения строп под обломки в случае невозможности захвата обломков за обнаженные металлические детали. Это требует ручного труда спасателей и не всегда возможно завести стропы под обломки. Ручные операции со стропами увеличивают вероятность повторного обрушения элементов завалов и не обеспечивают безопасность ведения спасательных и восстановительных работ.

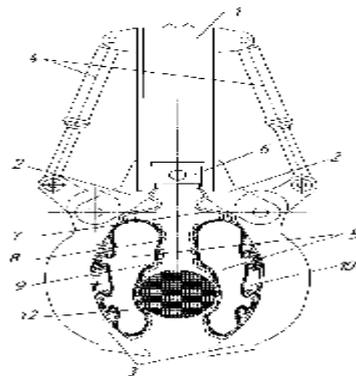
Значительный объем работ по разборке завалов и поврежденных зданий выполняется гидравлическими экскаваторами с разными типами рабочих органов (рис. 1, б и рис. 2): ковши, захваты, ковши с захватами в виде челюсти, гидрожницы, рыхлители.

Применение ковшей на экскаваторах обеспечивает возможность разборки завалов, которые имеют объем обломков не больше 0,3...0,5 м³. Большие обломки не загружаются в ковш экскаватора (рис. 1, б), который нуждается в использовании другой дополнительной техники или применения ковша с захватом в виде челюсти (рис. 2, а). Обломки крупных размеров (плиты перекрытия, панели, перемычки) измельчают и схватывают гидрожницами (рис. 2, б). Однако, рабочие части их зубьев не могут адаптироваться к разным формам обломков, что ухудшает надежность их удержания и безопасность выполнения работ. Тот же недостаток имеют конструкции захватов (рис. 2, в).

Недостатком известных технологических схем разборки завалов и поврежденных зданий с использованием экскаваторов является отсутствие рабочего оборудования, которое позволило эффективно извлекать из завалов обломки разных форм, размеров, массы и надежно фиксировать при перемещении их в автотранспорт.



а)



б)

Рис. 3. Рабочий орган захвата, который адаптируется к форме и размерам обломков:

а – захватывание мелких обломков; б - захватывание крупных обломков

Fig. 3. Labour body of the grip which adapts oneself to the form and sizes of wreckages:

а - gripping shallow wreckages; б - gripping large wreckages

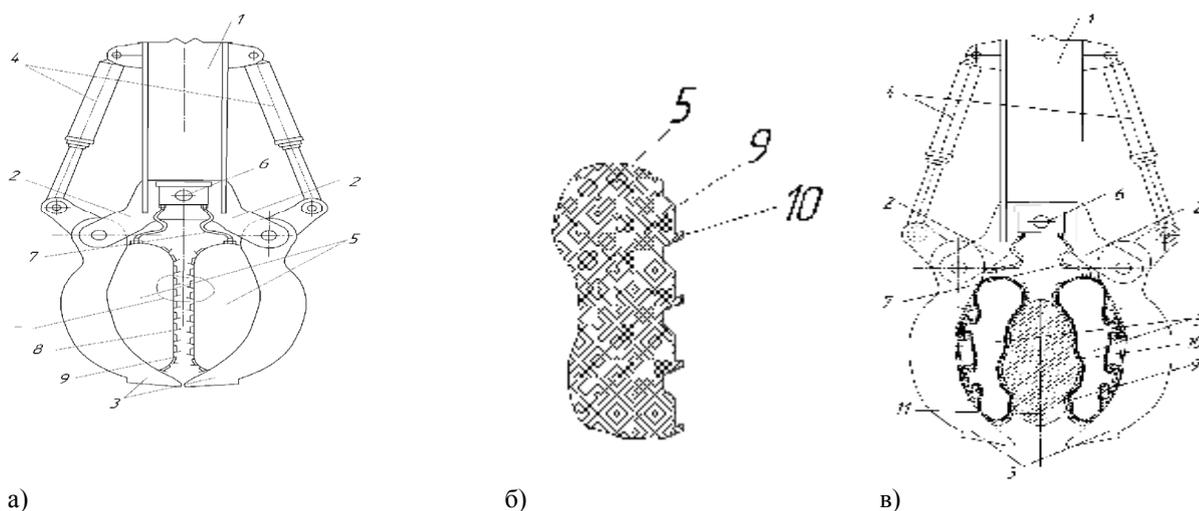
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Разработаны конструкции выполнения захватов, которые позволяют адаптироваться к разнообразной форме обломков и поврежденных строительных элементов зданий, что обеспечивает их надежное удержание [11, 12].

Технологическое оборудование (рис. 3) содержит рукоять 1, на который с помощью кронштейнов 2 шарнирно установлены подвижные зубья 3, связанные с гидроцилиндрами управления 4. Внутренние поверхности подвижных зубьев 3 оборудованы эластичными камерами 5, которые связаны трубопроводами 7 с компрессором 6 пневматической системы. Внешние поверхности 8 эластичных камер 5 имеют протекторы 9, а внутренние поверхности 10 скобами и клиньями зафиксированы на подвижных зубьях 3. Захватывание мелких обломков 11 (рис. 3, а) выполняется эластичными камерами 5 с малым внутренним давлением воздуха и подвижными зубьями 3. Внешние поверхности 8 эластичных камер 5 деформируются, охватывают обломок 11 и повторяют его форму, что позволяет надежно его удерживать при подъеме. Наличие внешних протекторов 9 на камерах 5 также обеспечивает надежную фиксацию обломков.

При разборке завалов с обломками 12 среднего и крупного размера (рис. 3, б), их схватывание осуществляется гибкими камерами 5 с большим внутренним давлением, создаваемым работой компрессора 6 и автоматической системой его регулирования.

Обломки из завалов, поврежденных или разрушенных зданий и сооружений, загружают в транспортные средства, или перемещают на площадки-склады.



а) б) в)
 Рис. 4. Рабочий орган захвата с выступающими элементами на протекторах:
 а – общий вид; б – фрагмент эластичной камеры; в – захватывание обломка

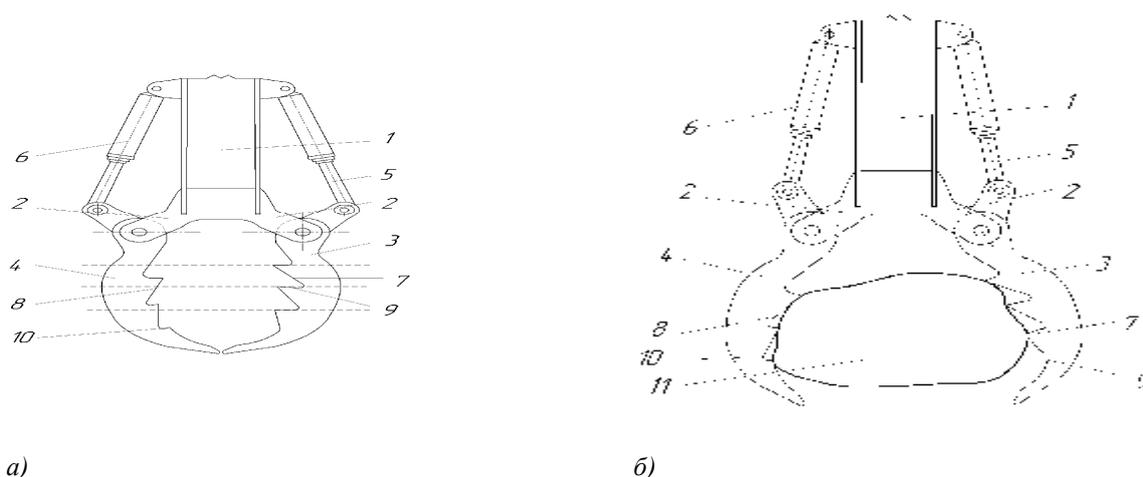
Fig. 4. Labour body of the grip with scarcements on protectors:

а - general view; б – fragment of elastic chamber; в – gripping a fragment

Вариантом выполнения рабочего органа является конструкция захвата (рис. 4), в котором внешние поверхности 8 эластичных камер 5 имеют протекторы 9 с выступающими элементами 10, выполненные с наклоном во внутрь рабочего органа (рис. 4, б). Во время захватывания обломков 11, наклон выступающих элементов 10 во внутрь рабочего органа обеспечивает свободный вход обломков в пространство между эластичными камерами 5. При сжимании обломков зубьями 3

(рис. 4, в) и его подъеме, выступающие элементы 10 предотвращают обратный выход (падение) схваченного груза.

Для повышения эксплуатационной надежности разработанных захватов внешние поверхности эластичных камер целесообразно армировать кордом (в виде металлического провода) или использовать захват, который приведен на рисунке 5.



а) б)
 Рис. 5. Рабочий орган захвата с ребристыми асимметричными зубьями:
 а – общий вид; б – захватывание обломка
 Fig. 5. Labour body of the grip with ribbed asymmetric teeth:
 а - general view; б – gripping fragment

Внутренние поверхности 7 и 8 подвижных зубьев 3 и 4 выполнены ребристыми. Меньшие по размеру участки 9 и 10 поверхностей 7 и 8 ориентированные во внутрь рабочего органа, а на зубьях 3 и 4 они смещены между собой по высоте (рис. 5, а). При выполнении работ по разборке завалов, а также поврежденных зданий и сооружений, захватывание обломков 11 выполняется подвижными зубьями 3 и 4 (рис. 5, б). Наличие ребристых внутренних поверхностей 7 и 8 обеспечивает надежное удержание грузов за счет большого удельного давления на их поверхности. Кроме того, меньшие по размеру участки 9 и 10 ориентированные во внутрь рабочего органа, что не позволяет грузу 11 выходить из него при сомкнутых зубьях 3 и 4.

Каждый из разработанных видов захватов устанавливается на поворотном модуле рабочего оборудования экскаваторов, что обеспечивает их пространственную ориентацию для схватывания из определенной части завала одного или нескольких обломков зданий. В гидросхемах управления гидроцилиндрами замыкания зубьев или ножниц установлены гидрозамки, предохраняющие оборудование от падения давления в системе и размыкания рабочих органов, а следовательно от падения груза (обломка). Наличие в захватах гибких камер или зубьев с ребристыми рабочими поверхностями дублирует работу гидрозамков (в случае утечек рабочей жидкости), повышает эффективность и безопасность применения оборудования. Особенно это является важным при разборке тех частей завалов, где могут находиться потерпевшие.

Эксплуатационная производительность P_{E3} экскаваторов с захватом при разборке разрушенных зданий и сооружений может быть рассчитана выражением:

$$P_{E3} = \frac{3600}{T_{цз}} \cdot Q \cdot K_G \cdot K_B, \quad (1)$$

где Q – грузоподъемность, т;

K_G – коэффициент использования экскаватора по грузоподъемности, $K_G = 0,6 \dots 0,8$;

K_B – коэффициент использования экскаватора по времени, $K_B = 0,8 \dots 0,85$;

$T_{цз}$ – длительность рабочего цикла, с.

Длительность рабочего цикла $T_{цз}$ при

работе захватом

$$T_{цз} = t_{cx.} + t_n. + 2t_{nep.} + t_{розв.} + t_{он.}, \quad [c], \quad (2)$$

где: $t_{cx.}$ – время схватывания обломка, с; t_n – время на подъем обломков, с; $t_{nep.}$ – время на перемещение обломков, с; $t_{розв.}$ – время разгрузки, с; $t_{он.}$ – время на опускание рабочего оборудования к разрушенному зданию, с.

Эксплуатационная производительность P_{EK} экскаваторов с ковшом обратной лопаты рассчитывается выражением:

$$P_{EK} = \frac{3600}{T_{ц}} \cdot q \cdot K_H \cdot K_B, \quad (3)$$

где q – вместимость ковша, м³;

K_H – коэффициент наполнения ковша,

$K_H = 0,8 \dots 0,9$.

Длительность рабочего цикла $T_{цк}$ при работе ковшом:

$$T_{цк} = t_{зан.} + t_n. + 2t_{nep.} + t_{розв.} + t_{он.}, \quad [c] \quad (4)$$

где: $t_{зан.}$ – время заполнения ковша обломками, с.

Анализ и сравнение показателей работы экскаваторов с разными видами рабочего оборудования целесообразно выполнять отдельно для спасательных и восстановительных работ. При ведении спасательных работ, когда из-под завалов необходимо освободить потерпевших, критерием является минимальный срок разборки этих частей завалов. В этом случае выбирают оборудование, обеспечивающее наибольшую производительность работ, а также определяют количество машин (экскаваторов) исходя из возможностей их размещения в стесненных условиях разрушенных зданий и сооружений [10].

При восстановительных работах виды рабочего оборудования экскаваторов определяются не только характером разрушений и их объемом, последовательностью извлечения обломков, их размерами и массой, но и экономическими критериями: меньшей стоимостью машино-смены

экскаваторов и транспортных средств, используемых для вывозки обломков и элементов зданий; себестоимостью разработки 1 м^3 завала. Кроме того, для этих работ требуется специальное исполнение рабочего оборудования экскаваторов – стрелы должны иметь значительную длину для разборки элементов верхних этажей поврежденных зданий. Для снижения утомляемости машинистов экскаваторов и повышения производительности работ кабина оператора выполняется с возможностью регулирования ее наклона, что улучшает обзорность разбираемой части здания. При восстановительных работах, характеризующихся значительным количеством одновременно выполняемых операций в разных частях разбираемого завала или здания, надежное удержание извлекаемых обломков разработанными конструкциями захватов способствует их безопасной организации и проведению.

Количественный состав машин для разборки разрушенных зданий определяется на основе исходной информации о размерах, массе обломков и фракционном составе завала. Такие исходные данные получают обследованием завалов спасателями или разработанным методом их сканирования с последующей компьютерной обработкой [10]. Обломки объемом более $0,8\text{ м}^3$ целесообразно извлекать из завала экскаваторами с захватами, выполненные с гибкими рабочими поверхностями, а обломки объемом менее $0,8\text{ м}^3$ – с привлечением также и экскаваторов, которые оснащены ковшом с челюстью (многоцелевыми рабочими органами).

Расчет количества техники для разборки завалов производится в такой последовательности:

1. Определяется количество обломков в завале:

$$n_{\text{эпи}} = \sum_i \frac{\kappa_i \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3}{G_{\text{эпи}}}, \quad (5)$$

где: κ_i – коэффициент, учитывающий фракционный состав обломков разрушенного сооружения; $V_{\text{эпи}}$ – объем обломков; γ_3 – объемная масса завала, $\gamma_3 = 1,5 - 1,7\text{ т/м}^3$; $G_{\text{эпи}}$ – масса обломков.

2. Время разборки завала, когда убирается часть крупных обломков и не

трогаются мелкие обломки (спасательные работы):

$$T_{\text{СнР}} = T_{\text{ци}} \cdot \kappa_n \cdot \sum_i \frac{\kappa_{(i-m)} \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3 \cdot P_{Gi}}{G_{\text{эпи}(i-m)}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{ци}}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора (2); κ_n – коэффициент, учитывающий подъем части обломков завала при спасательных работах, $\kappa_n = 0,3 \dots 0,5$; $(i-m)$ – грузы без мелких обломков; P_{Gi} – вероятность появления соответствующего по объему обломка.

Вероятность появления обломка определенной массы может быть представлена на основании теории массового обслуживания, как вероятность появления числа, событий для стационарных (Пуассоновских) потоков.

$$P_{(n)} = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (7)$$

где: n – число событий (обломков) в системе; λ – интенсивность появления обломков; t – промежуток времени, в течении которого осуществляется событие.

Относительно данной задачи выражение (7) примет вид:

$$P_{Gi} = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! \Psi^n}{(m-n)!}}, \quad (8)$$

где: m – максимально возможно число обломков в завале; Ψ – коэффициент загрузки экскаватора

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

где: λ – интенсивность поступления транспортных средств для вывоза элементов завала; μ – интенсивность работы экскаватора.

Для рассматриваемой задачи $P_{Gi} = 0,1 \dots 0,7$.

Коэффициент загрузки экскаватора также может быть определен выражением

$$\Psi = \frac{T_{\text{ц}} - T_{\text{П}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{П}}$ – время простоя экскаватора.

3. Время разборки завала, когда необходимо убрать все обломки разрушенного здания (восстановительные работы):

$$T_{\text{ВсР}} = T_{\text{ци}} \cdot n_{\text{эпи}} = T_{\text{ци}} \cdot \sum_i \frac{\kappa_i \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3}{G_{\text{эпи}}}, \quad (10)$$

4. Количество экскаваторов при спасательных работах $N_{\text{СнР}}$ и число экскаваторов при восстановительных работах $N_{\text{ВсР}}$:

$$N_{CnP} = \frac{T_{CnP}}{T_{\phi}}; N_{BcP} = \frac{T_{BcP}}{T_B}, \quad (11)$$

где: T_{ϕ} – минимальное время на разборку завала (фактор времени), $T_{\phi} = 6 \dots 8$ часов [9];

T_B – время на восстановительные работы.

Минимальное время на разборку завала (фактор времени) определяется исходя из условия оказания помощи пострадавшим, находящимся под обломками в завале. Из опыта ликвидации стихийных бедствий и техногенных аварий продолжительность нахождения людей в завалах разрушенных зданий и сооружений составляет 6...8 часов.

При необходимости использования других типов машин (погрузчиков, кранов) для разборки завалов и разрушенных зданий, их выбор осуществляется по разработанной методике с учетом фракционной структуры завалов, месторасположения разбираемого объекта, наличия транспортных путей движения техники

Все описанные этапы данной методики определения размеров обломков, выбора состава машин и их количества входят в электронную базу алгоритма принятия научно-обоснованных организационно-технологических решений разборки завалов разрушенных зданий и сооружений, что позволяет в минимальные сроки составить эти решения для их реализации.

Сопоставительный анализ технико-экономических показателей ликвидации последствий взрыва бытового газа по ул. Мандрыковская, 127, (Днепропетровск, 2007 г.) показал, что применение разработанных конструкций захватов обеспечило бы сокращение продолжительности и себестоимости работ в два раза.

ВЫВОДЫ

Анализ ликвидации последствий техногенных аварий и стихийных бедствий показал, что гидравлические экскаваторы являются одними из основных технологических машин при разборке завалов разрушенных зданий и сооружений, но не могут адаптировать рабочее оборудование к разнообразной форме и размерами обломков, что приводит к снижению надежности захватывания обломков.

Разработаны механико-технологические решения для захватывания, перемещения и загрузки в транспорт обломков разной формы и размеров на базе экскаваторов, которые

обеспечивают повышению эффективности спасательных и восстановительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакин В., Батыгин Н., 1989.: Снос поврежденных при землетрясениях зданий // Механизация строительства. - № 6, 10-11.
2. Бакин В., 1989.: Механизация на разборке завалов // Механизация строительства, - № 5, 7-8.
3. Мірошніченко М., 2007.: Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава” // Надзвичайна ситуація. - № 10, 8-15.
4. Трагічний вибух у Євпаторії, 2009 // Надзвичайна ситуація. - № 1, 8-15.
5. Берни Д., Гилпин Д., Койн С., Симонс П., 2008.: Неукротимая планета. - ЗАО “Изд. Дом Ридерз Дайджест”. - 319.
6. Марков А. 2008.: Аварии зданий и сооружений. – Запорожье : “НАСТРОЙ”. – 84.
7. Боровский Б., Лапина Е., 2009.: Техногенные аварии в системах газоснабжения и их предупреждение // Motrol. - № 11A, 120 - 122.
8. Куликов Г., Казьмина А., 2010.: Комплексная реконструкция малоэтажных зданий // Motrol. - № 12D, 166 - 171.
9. Чумак С., 2008.: Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений // Пробл. безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ. - Вып. 4, 55-62.
10. Хмара Л., Шатов С., 2012.: Определение средств механизации для разборки разрушенных зданий на основе анализа структуры завала // Механизация строительства. - № 1, 34-38.
11. Хмара Л., Шатов С., 2011.: Технологічне обладнання екскаваторів для розбирання завалів зруйнованих будівель // Вісник Придніпр. держ. акад. буд. та архітект. – Д.: ПДАБА. - № 10, 25-31.
12. Шатов С., 2012.: Удосконалення технологічних операцій розбирання та переміщення уламків зруйнованих будівель // Вісник Придніпр. держ. акад. буд. та архітект. – Д.: ПДАБА. - № 10, 38-43.

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗБОРКИ ЗАВАЛОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Summary. At liquidation of accidents and natural disasters hydraulic power-shovels are basic technological machines for sorting out obstructions of the blasted buildings and constructions. Operational equipment which can adapt oneself to the various forms and sizes of wreckages of the blasted objects is developed, that shortens time of rescue and restoration works.

Key words: accidents, natural disasters, destructions, sorting out obstructions, equipment of power-shovels.

