

ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2023.1-53.76-84>

УДК 621.86.06:69.059.28

канд. техн. наук, доц. Смиловенко О.О., канд. физ.-мат. наук Мартыненко Т.М.,
Полуян А.И.*, Працукевич Н.В.

ГРУЗОЗАХВАТ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ФУНКЦИЕЙ СВЕРЛЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ РАЗБОРКИ ЗАВАЛОВ

Государственное учреждение образования

«Университет гражданской защиты

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск

**Объединенный институт машиностроения*

Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

Данная работа посвящена совершенствованию оборудования для аварийно-спасательных работ. Задача заключается в том, чтобы сократить время на спасение людей и уменьшить риск получения травм спасателями при аварийно-спасательных работах.

Предложен способ подъема элементов разрушенной конструкции путем введения в просверленное отверстие самораскрывающего грузозахватного устройства, совмещенного с коническим сверлом. Исследованы свойства и режущая способность алмазных гребенок, используемых для сверления.

Ключевые слова: разборка завалов, снижение риска для спасателей-пожарных, подъемное устройство, алмазный инструмент.

PhD (Tech.), Associate Professor O.O. Smilovenko, PhD (Phys. and Math.)
T.M. Martynenko, A.I. Poluyan*, N.V. Pratsukevich

AUTOMATIC ACTION LOADER WITH DRILLING FUNCTION, DESIGNED FOR DEBRIS REMOVAL

*State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry of
Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

**The Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk*

This work focuses on the improvement of rescue equipment. The aim is to reduce the time to rescue people and to reduce the risk of injury of rescuers during rescue work.

A method of lifting elements of ruined structures by means of introducing a self-disruptive load-carrying device combined with a conical drill is proposed. Properties and cutting ability of the diamond combs used for drilling are investigated.

Keywords: debris removal, reducing of the risk for firefighters-rescuers, lifting device, diamond tools.

Обрушение зданий, сооружений
и инженерных сетей в мирное время

обуславливается следующими при-
чинами: воздействием природных

факторов, приводящих к старению и коррозии материалов конструкций и снижению их физико-механических характеристик; проектно-производственными дефектами сооружений и технических систем, низким качеством выполнения строительных работ; нарушением правил эксплуатации сооружений, технических систем и возникающими в результате этого пожарами, взрывами паров бензина, химических веществ, газа и др.; стихийными бедствиями, вызывающими разрушение: ураганами, бурями, смер-

чами, ливнями, наводнениями, затоплениями, землетрясениями.

Еще свежи воспоминания о недавнем землетрясении в Турции, где разрушенными оказались целые города (рисунок 1). Беларусь располагается на устойчивой тектонической платформе, в зоне слабой сейсмической активности, поэтому землетрясения у нас маловероятны. Тем не менее завалы могут образоваться и по другим причинам, как это было с обвалом моста в городе Минске (рисунок 2).



Рисунок 1 – Разрушения в результате землетрясения в Турции



Рисунок 2 – Обвал пролета моста в г. Минске

При ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с обрушением зданий и сооружений, проводится достаточно большой объем грузоподъемных работ. Такие работы связаны с подъемом, транспортировкой и погрузкой крупнога-

баритных элементов разрушенных строительных конструкций, которые могут быть расположены хаотичным образом. При этом требуется применение специальной техники и механизированного инструмента, что существенно облегчает труд спаса-

телей, но не исключает их непосредственного участия в закреплении элементов конструкций при помощи захватов и крюков, снятии грузозахватных устройств после транспортировки груза [1].

На основе анализа литературных источников установлено, что велика опасность ручной установки оборудования в зоне аварии. Принимая во внимание факт возможного повторного обрушения либо сдвига конструкций, возникает необходимость использования захватывающего и погрузочного оборудования, обеспечивающего самостоятельный захват обломков и их перемещение в сторону или погрузку в транспортные средства. Автоматизация аварийно-спасательных работ способствует сохранению жизни и здоровья спасателей.

Таким образом, разработка новых устройств, аварийно-спасательного оборудования для ликвидации обрушений во многом упростит разборку, уменьшит время проведения аварийно-спасательных работ, чем увеличит шанс на спасение пострадавших [2].

Предлагаемый способ разборки завалов и конструкция самораскрывающегося грузозахватного механизма направлены на снижение рис-

ка для спасателей, проводящих аварийно-спасательные работы, за счет автоматизации процессов прорезания технологических отверстий в элементах разрушенных конструкций и их закрепления при помощи грузозахватного устройства для последующей транспортировки.

Предложен способ подъема элементов разрушенных конструкций путем введения в просверленное отверстие самораскрывающегося грузозахватного устройства, совмещенного с корончатым сверлом [3].

В сложенном состоянии грузозахват (рисунок 3) представляет собой коническое сверло с режущими зубьями на боковой поверхности и торцевым кольцевым сверлом. Внутри конического сверла находится 8 гидравлических цилиндров одностороннего действия с пружинным возвратом, которые будут открывать и закрывать стенки конического сверла.

Грузозахватное устройство автоматического действия содержит кольцевое сверло 1, боковые стержни 2 (8 стержней, расположенных равномерно по окружности), гидравлические цилиндры одностороннего действия 3 (с пружинным обратным ходом), демпфирующие подкладки 4, опорную колонну 5.

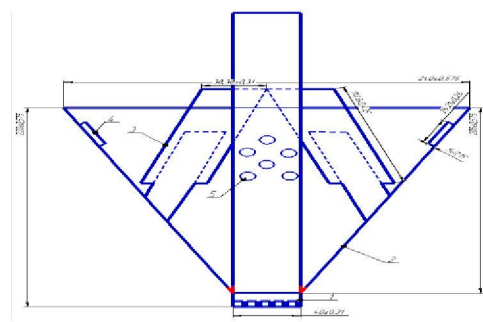
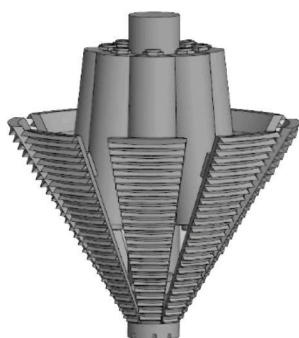


Рисунок 3 – Грузозахват в сложенном состоянии является сверлом

Перед началом разборки завалов визуально оценивают возможность подъема крупногабаритных элементов, т.е. их отрыва от общей массы завала, и намечают те части, которые будут удалены первыми. Коническое сверло приводят во вращение и сверлят отверстие в обломке разрушенной конструкции. При достижении отверстием наибольшего диаметра сверла грузозахват в сложенном состоянии опускают ниже нижней кромки обломка и раскрывают стержни путем приведения в действие гидроцилиндров на всех стержнях одновременно (рисунок 4). Захваченный элемент конструкции (рисунок 5) опирается на демпфирующие подкладки, которыми оснащен каждый стержень.

Внутри центральной опорной колонны, к которой крепятся стержни и кольцевое сверло, выполнены отверстия для подачи воздуха с целью отчистки сверла и удаления мелких камней или других предметов, которые могут препятствовать конструкции при закрытии.

После опускания элемента на специально отведенную площадку или в кузов грузового автомобиля грузозахватное устройство приводят (дистанционно, при снижении давления в гидроцилиндрах) в закрытое положение и отводят от поверхности плиты. Грузозахваты в закрытом,

собранном состоянии свободно выходят из отверстия. Затем процесс повторяют для следующего крупногабаритного элемента разрушенного здания.

Следует отметить, что наклонное положение подлежащего закреплению и транспортировке элемента не является препятствием для применения предлагаемого способа разборки завалов. Сверление может быть выполнено перпендикулярно плоскости поверхности плиты или панели путем поворота и ориентации механической руки, несущей сверлильную установку.

Проведен расчет размеров сечения нагруженного стержня из условия прочности при изгибе с учетом равномерно распределенной нагрузки и консольного закрепления стержня. Получено прямоугольное сечение стержня 10×20 мм.

Применение данного устройства будет способствовать повышению эффективности аварийно-спасательных работ, их безопасности для людей, блокированных под завалами, и спасателей, проводящих работы, за счет применения автоматизированного оборудования, обеспечивающего самостоятельный захват обломков и их перемещение в сторону или погрузку в транспортные средства.



Рисунок 4 – Грузозахват в раскрытом состоянии является подъемным устройством

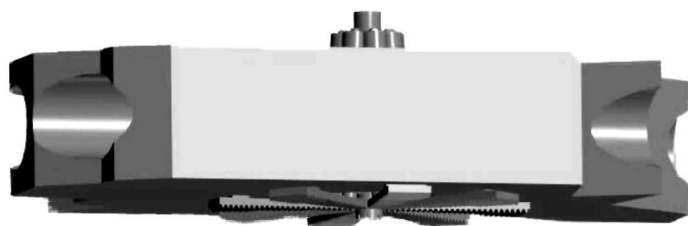


Рисунок 5 – Захваченный грузозахватом элемент конструкции

Эффективность применения предложенного грузозахватного устройства в большой степени зависит от скорости получения отверстия, куда будет введен грузозахват. Время сверления составляет около 50 % от общего времени удаления обломка, включая транспортировку. Уменьшить время сверления возможно за счет повышения скорости вращения и продольной подачи конического сверла.

Для сверления бетонных и кирпичных конструкций используют алмазные инструменты. В грузозахватное устройство будет установлено коническое наборное алмазное сверло, состоящее из 8 стержней, каждый из которых представляет собой гребенку с возрастающим шагом.

Работоспособность алмазных инструментов в значительной степени определяется прочностью алмазных зерен и надежностью их закреп-

ления в матрице (связке). Обеспечение надежного закрепления зерен – одна из наиболее сложных задач, решаемых при создании алмазного инструмента. Использование механических способов закрепления ограничивается малыми размерами и неправильной формой зерен технических алмазов, а применение химических способов при существующих методах изготовления алмазной части инструмента на металлической связке ограничивается химической инертностью алмазов.

При выборе способа закрепления необходимо учитывать состояние не только зерен и матрицы, но и переходного слоя между ними – адгезионной зоны. Опыт эксплуатации алмазных инструментов и исследования особенностей разрушения алмазного слоя показывают, что структура и его свойства, а также процессы, происходящие в нем при

работе инструмента, в значительной степени определяют его ресурс [4].

Исследования и опыт эксплуатации серийно производимого алмазного правящего инструмента на металлической связке (матрице) показывают, что большей частью алмазные зерна, выпавшие из связки, не выработали свой ресурс. Это объясняется тем, что технология изготовления алмазного режущего инструмента и используемые связки не обеспечивают надежное закрепление зерен в алмазоносном слое. Надежность инструмента в значительной степени определяется природой приконтактного (переходного) слоя между зерном и связкой, а также процессами, происходящими в этом слое при резании.

При исследовании напряженно-деформированного состояния алмазного слоя под действием силовых и тепловых факторов, возникающих в процессе эксплуатации инструмента, установлено, что в этой зоне интенсивность роста напряжений наибольшая. Поэтому управление процессами, протекающими в зоне контакта алмазов и связки при изготовлении инструмента, с целью получить прочную связь, а также заданную структуру и свойства адгезионной зоны может служить основой повышения надежности закрепления зерен и, соответственно, работоспособности инструмента в целом [5].

Металлические связки представляют собой многокомпонентные порошковые смеси, основными составляющими которых являются Co, Cu, W, Al, легированные соединениями Ti, В и другими элементами. Такие показатели физико-

механических свойств спеченных связок, как твердость и ударная вязкость находятся в пределах соответственно $HRB\ 92\div 102$ и $8\div 14\text{ кДж/м}^2$. При этом коэффициент трения находится в пределах $0,06\div 0,1$.

Если связка имеет износостойкость ниже оптимальной, алмазные зерна преждевременно из нее выпадают, в результате чего они используются нерационально, что снижает стойкость алмазного инструмента. Если износостойкость связки выше оптимальной, на вершинах режущих алмазных зерен происходит образование значительных площадок, в результате чего для их внедрения в обрабатываемый материал требуются дополнительные силы, которые приводят к возникновению больших усилий резания, резкому снижению производительности, разрушению алмазоносного слоя.

Определенное влияние на работоспособность инструмента оказывает коэффициент трения, так как в процессе правки происходит контакт поверхности связки с уплотненными продуктами износа, а также возможен ее контакт с обрабатываемым материалом. Поэтому связки должны обладать минимальной склонностью к адгезии с обрабатываемым материалом.

По мере износа самой связки происходит удаление из алмазоносного слоя алмазных зерен. Износ алмазоносного слоя можно рассматривать как суммарный результат двух одновременно протекающих процессов – износа связки и удаления алмазных зерен из связки.

Механизм разрушения алмазного кристалла можно описать следующим образом. После образования

«критической» площадки износа резко возрастает термическая нагрузка на кристалл. Амплитуда термоциклирования значительно увеличивается, что в совокупности с механической нагрузкой приводит к растрескиванию кристалла, его делению на несколько частей. При дальнейшей работе происходит рост трещин (рисунок 6), а затем расша-

тывание и выпадение частей алмазного кристалла из материала связки (рисунок 7).

Для эффективной работы алмазного инструмента наряду с оптимальными характеристиками алмазного порошка связка должна иметь оптимальный износ, обеспечивающий постоянное обновление режущих кромок алмазных зерен.



Рисунок 6 – Площадка износа кристалла алмаза с образовавшимися трещинами



Рисунок 7 – Последние части кристалла и образовавшаяся лунка в металлической связке

По мере износа самой связки происходит удаление из алмазосодержащего слоя алмазных зерен. Износ алмазного слоя можно рассматривать как суммарный результат двух одновременно протекающих процессов – износа связки и удаления из связки алмазных зерен. Поэтому прочность удержания алмазных зе-

рен в связке так же, как и ее износ, влияет на эффективность работы алмазного инструмента.

Существует ряд способов, позволяющих изменять свойства связок. Алмазодержание связок можно повысить путем усиления химического взаимодействия компонентов с поверхностью алмазов или меха-

нического закрепления, во многом зависит от степени уплотнения связки, определяемой в значительной мере твердостью. Твердость связки можно регулировать технологическими параметрами прессования и спекания, а также легированием основы. Химическое взаимодействие компонентов связки с поверхностью алмазов регулируется введением в связку элементов, смачивающих алмазы (гидрида титана, алюминия и др.).

Металлические связки на основе кобальта и меди, модифицированные ультрадисперсным алмазным порошком, обладают большей твердостью (на 3-4 ед.), низким коэффициентом трения, высокой износостойкостью и лучшим алмазодержанием, о чем говорит высокая удельная производительность режущих инструментов, изготовленных на основе таких связок.

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что наиболее перспективным является изготовление режущих алмазных гребенок на боковых поверхностях конического сверла методом электроконтактного спекания, применяя алмазный порошок высокой зернистости и модифицированные связки. Повышение алмазодержания позволит увеличить скорость сверления технологического отверстия, а, следовательно, сократить время проведения АСР.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бакин В.П. Механизация на разборке завалов / В.П. Бакин // Механизация строительства. – 1989. – № 5. – С. 7–8.

2. Чумак С.П. Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений / С.П. Чумак // Пробл. безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2008. – Вып. 4. – С. 55–62.

3. Працукевич, Н.В. Совершенствование оборудования для аварийно-спасательных работ / Н.В. Працукевич, Р.А.о. Керимов, О.О. Смиловенко, Т.М. Мартыненко // Сб. материалов XVI международной научно-практической конференции молодых ученых «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» Т. 1. – Минск: УГЗ, 2022. – С. 172–173.

4. Методика оценки износостойкости связок алмазного инструмента / В.И. Булгаков [и др.] // Материаловедение. – 2004. – № 2. – С. 24–28.

5. Волошин М.Н., Коломиец В.П. Структура композиций WC-Co – алмаз, полученной электроимпульсным спеканием / М.Н. Волошин, В.П. Коломиец // Сверхтвердые материалы. – 1996. – № 3. – С. 3–7.

REFERENCES

1 Bakin V.P. Mekhanizaciya na razborke zavalov / V.P. Bakin // Mekhanizaciya stroitel'stva. – 1989. – № 5. – S. 7–8.

2. CHumak S.P. Osnovy razrabotki tekhnologii i upravleniya processami avarijno- spasatel'nyh работ pri razrusheniyah zdaniy i sooruzhenij / S.P. CHumak // Probl. bezopasnosti pri chrezvychajnyh situacijah. – 2008. – Vyp. 4. – S. 55–62.

3 Pracukevich, N.V. Sovershenstvovanie oborudovaniya dlya avarijno-spasatel'nyh rabot / N.V. Pracukevich, R.A.o. Kerimov, O.O. Smilovenko, T.M. Martynenko // Sb. materialov XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh «Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy» T. 1. – Minsk: UGZ, 2022. – S.172– 73.

4. Metodika ocenki iznosostojkosti svyazok almaznogo instrumenta / V.I. Bulgakov [i dr.]. – «Materialovedenie». – 2004. – № 2. – S. 24–28.

5. Voloshin M.N., Kolomec V.P. Struktura kompozicij WC-Co –almaz, poluchennoj elektroimpul'snym spekaniem / M.N. Voloshin, V.P. Kolomec. – Sverhtverdye materialy. – 1996. – № 3. – S. 3–7.

