

УДК 622.012:622.861/862

Мелихов Михаил Владимирович

кандидат технических наук,
научный сотрудник,
Горный институт КНЦ РАН,
184209, Мурманская обл., г. Апатиты,
ул. Ферсмана, 24
e-mail: mmelikhov@inbox.ru

**КОНЦЕПЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ
ВРЕМЕННЫХ ПРОТИВОКАМНЕПАДНЫХ
СООРУЖЕНИЙ НА КАРЬЕРАХ***Аннотация:*

В изложенном материале рассмотрен один из эффективных путей решения актуальной проблемы, связанной с обеспечением безопасности открытых горных работ от негативного проявления камнепадов. Для борьбы с этими явлениями на карьерах могут применяться различные способы инженерной защиты. Однако в основе строительства современных противокампнепадных защитных сооружений лежат технологии, которые не предусматривают возможности их последующего демонтажа, следовательно, область их использования ограничивается только конечными контурами карьера. Стоит также отметить, что общепринятые подходы к проектированию противокампнепадных систем нуждаются в совершенствовании применительно к условиям эксплуатируемых карьеров для комплексного решения задачи по обеспечению безопасности разных видов объектов. Впервые с целью повышения промышленной безопасности в условиях скальных массивов разработаны методы, позволяющие обеспечить надежную защиту и людей, и горной техники при выполнении ответственных видов работ вблизи откосов на текущих контурах карьеров. Разработанные методы заключаются в проектировании временных противокампнепадных сооружений (ВПС) на основе съемных несущих конструкций, состоящих из анкеров/микросвай и покровных сеток, с возможностью их последующего демонтажа. Тип и конструкция защитных сооружений подбираются с учетом особенностей разрабатываемого карьера и параметров камнепада, а производство работ по их возведению осуществляется в основном механизированным способом с использованием строительной техники. Эффективность разработанных методов подтверждена экспериментальным путем на железорудном карьере «Ковдорский ГОК» в процессе осуществления мероприятий по ручной оборке откосов, а также научно-исследовательских работ, проводимых в зоне интенсивного падения скальных обломков. Внедренные инженерно-технические решения рекомендовано включать в регламенты по отработке карьеров.

Ключевые слова: карьер, камнепад, безопасность людей, защита горной техники, инженерная защита, временное противокампнепадное защитное сооружение, съемный анкер или микросвая, покровная сетка

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.130

Melikhov Mikhail V.

Candidate of Technical sciences,
Research Worker,
Mining Institute of KSC RAS,
184209, Apatity,
Fersman st., 24
e-mail: mmelikhov@inbox.ru

**CONCEPTION OF CONSTRUCTION
OF TEMPORARY ANTI-ROCKFALL
FACILITIES ON THE OPEN PITS***Abstract:*

The paper considers one of the effective ways to solve an actual problem related to protecting open mining operations from rockfalls. Various engineering protection methods can be used to prevent these negative events on open pits. However, modern anti-rockfall protection construction approach is based on technologies that do not provide subsequent dismantling, and therefore, their use is limited by the contours of the corresponding open pit. It also should be noted that the generally accepted approaches to the design of anti-rockfall systems need to be improved in the reference to the conditions of exploited open pits in order to comprehensively solving the task of ensuring the safety of different objects. In order to improve industrial safety in hard rock massifs, methods have first been developed to ensure reliable protection of people and mining equipment during important activities near slopes on the current contours of the open pits. The developed methods involve the design of temporary anti-rockfall protection facilities on the basis of demountable load-bearing structures consisting of anchors or micropiles and cover meshes, with the possibility of their subsequent dismantling. The type and design of protective facilities are selected taking into account the characteristics of an open pit being developed and the rockfall parameters. The facilities are constructed mainly mechanically, using construction equipment. The effectiveness of the developed methods has been confirmed experimentally on an iron open pit, operated by Kovdorsky MPS, during manual scaling of slopes, and by R&D works conducted in an intensive rockfall zone. The implemented engineering and technical solutions are recommended to be included in the regulations for open pits.

Key words: open pit, rockfall, people's safety, mining equipment protection, engineering protection, temporary anti-rockfall protection facility, demountable anchor or micropile, cover mesh.

Введение

В настоящее время явления камнепадов остаются одним из главных поражающих факторов в горном деле: на их долю приходится в среднем каждый 4 – 5-й смертельный инцидент [1]. Вне всяких сомнений, средства персональной защиты людей и горной техники из-за низких несущих характеристик в целом не обеспечивают их безопасность от падения крупных скальных обломков [2]. Примечательно, что в силу разных причин получение работниками горных предприятий смертельных травм при камнепадах чаще случается в процессе ведения горных работ, реже – во время проведения инженерных изысканий, обследования состояния карьерных откосов и других видов работ. Наиболее массовые несчастные случаи происходят в странах с низким уровнем развития горного дела и государственного надзора. Ниже в табл. 1 приведен краткий обзор некоторых смертельных аварий, произошедших с начала нынешнего столетия на карьерах из-за камнепадов. Стоит отметить, что только часть из них имеет полное описание в приводимых органами госнадзора отчетных данных и получает широкую огласку в СМИ или иных информационных источниках.

Таблица 1

Обзор смертельных аварий на карьерах в результате камнепадов

Дата	Место	Краткое описание	Ущерб
1	2	3	4
17.10.17 г.	Угольный карьер № 3 (Турция).	Обвал горных пород.	Погибло 6 человек [3].
03.10.16 г.	Каменный карьер в провинции Хубэй (Китай).	Обвал горных пород.	Повреждены 2 экскаватора, и погибло 5 человек, обслуживающих технику [4].
25.07.16 г.	На карьере в Саванне (штат Теннесси, США).	Падение валуна массой около 2÷4 т на оборудованный каркас безопасности во время отбора проб вблизи откоса	Погиб рабочий [5].
09.12.15 г.	Каменноугольный разрез «Черниговский» на Кузбассе (Россия).	Обрушение горной массы объемом 200 тыс. м ³ .	Насмерть засыпало операторов 2 экскаваторов и бульдозера вместе с техникой [6].
12.05.15 г.	Карьер АО «Майкаинзолото» (Казахстан).	Падение 2 валунов с края борта на строительную бытовку.	Смертельную травму получил 1 из 6 рабочих, находившихся в бытовке [7].
14.11.14 г.	Карьер «Яскинский» ЗАО «ЛСР-Базовые материалы Северо-Запад» в Ленинградской области (Россия).	Падение горной массы с уступа на экскаватор ЭКГ-5А.	Погиб оператор и повреждена горная техника с суммарно нанесенным материальным ущербом 4,6 млн руб. [8].
01.05.14 г.	Алмазодобывающий карьер «Удачный» в Республике Саха (Россия).	Обрушение 200 м ³ пород с откоса уступа в процессе бурения скважин.	Погиб оператор и повреждена буровая установка [9].
10.12.13 г.	Угольное месторождение Кара-Кече (Кыргызская Республика).	Обвал горных пород.	3 человека погибли и повреждены 2 грузовика марки «ЗИЛ» [10].
02.04.13 г.	Гравийный карьер (Танзания).	Обвал горных пород.	Погибло не менее 13 человек и нанесены повреждения грузовой технике [11].
18.02.13 г.	Гипсовый карьер «Шубинский» в Иркутской области (Россия).	Обрушение добычного уступа.	Погиб машинист и поврежден экскаватор [12].
12.04.12 г.	Угольный разрез «Центральный» АО «ШубаркольКомир» (Казахстан).	Обвал горных пород на экскаватор ЭКГ-14 во время погрузочных работ.	Погибло 2 человека, поврежден экскаватор [13].
29.10.11 г.	На поверхности угольной шахты Мемско (штат Кентукки, США).	Обрушение уступа.	Смертельно травмированы 2 рабочих из подрядной организации, ехавших в грузовике [14].

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
01.04.11 г.	Каменоломня Лен Ко (Вьетнам).	Обрушение 5 тыс. м ³ известняка.	Погибло 35 рабочих [15].
10.02.11 г.	Угольный карьер Чоллар (Турция).	Обвал горных пород.	Погибло 4 техника и оператор бульдозера (причем за прошедшую неделю по той же причине здесь погиб рабочий, а 9 получили травмы) [16].
26.03.10 г.	Карьер Грин Валли Энвайронментал в провинции Онтарио (Канада).	Падение валуна на кабину грузовика во время загрузки экскаватором.	Погиб машинист грузовика [17].
29.12.07 г.	Карьер в Тхач Ха (Вьетнам).	Обвал горных пород во время загрузки грузовиков.	Погибло 7 человек [18].
17.04.07 г.	Угольный разрез (штат Мэриленд, США).	Обвал 93 тыс. т породы с 83-метрового борта на бульдозер и гидравлический экскаватор.	Погибли оба оператора техники; компания согласилась выплатить \$ 105 тыс. штрафов; на компанию также подан иск на сумму \$ 4 млн [19].
19.01.07 г.	Золоторудный карьер ГОКа «Западный» в Иркутской области (Россия).	Обрушение 12 тыс. м ³ пород в процессе погрузки горной массы ЭКГ-5А в БелАЗ-7540.	Деформирована кабина экскаватора, причинены смертельные травмы находившимся в ней оператору и его помощнику с нанесением ущерба 467,7 тыс. руб. [20].
19.12.06 г.	Железорудный карьер «Кимкано-Сутарский ГОК» в Еврейской АО (Россия).	Обвал около 4 т горной массы.	Погибло 4 специалиста геолого-разведывательной подрядной организации [21].
18.07.06 г.	Угольный разрез Смит Брэнч № 1 (США).	Падение валуна на кабину буровой установки в процессе бурения скважин вблизи 43-футового (≈13 м) уступа.	Погиб оператор техники, повреждена техника [19].
06.12.04 г.	На строительном карьере (штат Пенсильвания, США).	Обрушение 445 т пород с 65-футового (≈20 м) субвертикального уступа на кабину фронтального погрузчика.	Погиб оператор техники, повреждена техника [19].
13.11.02 г.	Известняковый карьер (Пуэрто-Рико).	Обрушение пород на бульдозер.	Погиб оператор техники, повреждена техника [19].

Приведенные выше сведения свидетельствуют о существовании проблем в открытой геотехнологии в сфере противокаменпадной защиты. Анализируя современный рынок инженерной защиты, было отмечено, что целевым назначением возведения противокаменпадных защитных сооружений является поддержание долговременной безопасности объектов капитального строительства. Однако принимаемые конструкторские решения при их проектировании довольно часто недостаточно корректно учитывают специфику открытой разработки месторождений полезных ископаемых, состоящей прежде всего в непостоянстве границ карьеров. Следовательно, область эффективного использования существующих средств инженерной защиты от камнепадов ограничивается только их конечными контурами. В связи с этим обстоятельством изучение особенностей проектирования противокаменпадных защитных сооружений в условиях разрабатываемых карьеров является актуальной научно-практической задачей, решение которой может способствовать снижению уровня производственного травматизма.

Теория возведения временных противокаменпадных сооружений на карьерах

Впервые разработана концепция обеспечения геодинамической безопасности открытых горных работ от негативного воздействия камнепадов в условиях изменяющихся границ карьера. Она заключается в проектировании временных противокаменпадных сооружений (ВПС) на основе съемных несущих конструкций из анкеров или микросвай и покровных сеток, обеспечивающих надежную защиту эксплуатируемой техники и/или людей при выполнении ответственных видов работ вблизи откосов. Общая классификация ВПС по условиям их применения приведена на рис. 1.

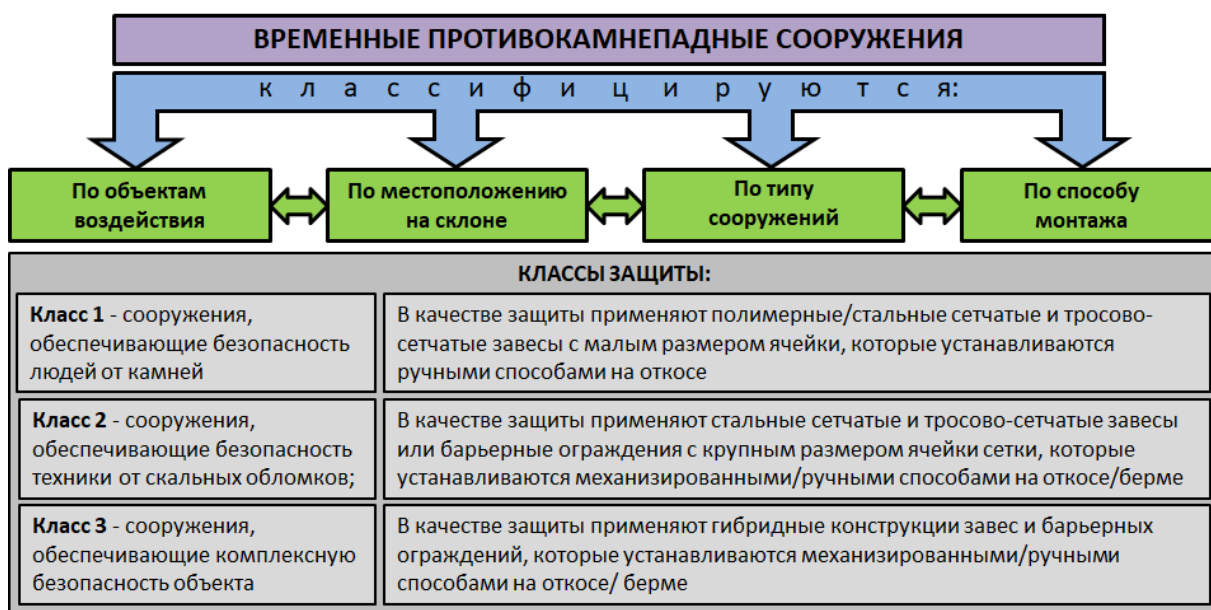


Рис. 1– Общая классификация ВПС по условиям их применения

По целевому назначению ВПС классифицируются на сооружения, предназначенные для комплексной защиты объекта либо работников и карьерной техники по отдельности.

По местоположению выделяются сооружения, которые в зависимости от объектов воздействия камнепада и конфигурации склона устанавливаются на поверхности откоса, берме или сразу в обоих случаях (рис. 2).

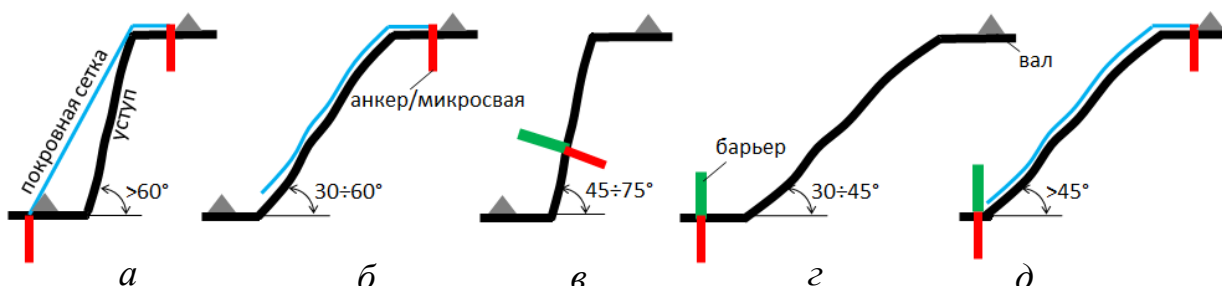


Рис. 2 – Схемы возведения ВПС на объекте:
a и *б* – ВПС на основе покровной сетки;
в и *г* – ВПС на основе барьерных ограждений;
д – комбинированных ВПС

По типу ВПС можно условно разделить на сооружения с низкими, средними и высокими защитными характеристиками, в основе конструкции которых применяется полимерная (пластиковая) покровная сетка с малой ячейкой ромбовидной, шестиугольной или прямоугольной форм, аналогично стальная сетка, а также стальная сетка с крупной ячейкой кольцевой формы, соответственно. Тип и конструкция защитных сооружений подбираются с учетом особенностей разрабатываемого карьера и параметров камнепада. В силу своей специфики ВПС проектируются с небольшим сроком службы, поэтому не имеют высоких требований к антикоррозионным свойствам используемых материалов. Основным конструктивным элементом защитных сооружений, взаимодействующим со скальными обломками, является покровная сетка, которая имеет исключительно податливый характер работы. Для повышения надежности всей конструкции покровная сетка усиливается системой стальных тросов. Съёмные анкеры должны иметь

достаточную несущую способность для ее удержания в проектное положение. Для усиления конструкции сооружения анкера могут быть соединены между собой жесткими элементами. При монтаже барьерных ограждений допускается использование анкеров в качестве основы для устройства опорных балок.

По способу монтажа выделяются сооружения, возводимые механизированными способами с использованием строительной техники, а также ручными и комбинированными методами.

В зависимости от условий применения ВПС можно условно выделить три класса защиты:

- 1-й класс защиты – сооружения, обеспечивающие безопасность людей от камней, где в качестве защиты применяются полимерные/стальные сетчатые и тросово-сетчатые завесы с малым размером ячейки, которые устанавливаются ручными способами на откосе;

- 2-й класс защиты – сооружения, обеспечивающие безопасность техники от скальных обломков, где в качестве защиты применяются стальные сетчатые и тросово-сетчатые завесы или барьерные ограждения с крупным размером ячейки сетки, которые устанавливаются механизированными/ручными способами на откосе/берме;

- 3-й класс защиты – сооружения, обеспечивающие комплексную безопасность объекта, где в качестве защиты применяют гибридные конструкции завес и барьерных ограждений, которые устанавливаются механизированными/ручными способами на откосе/ берме.

Принятые инженерно-технические решения должны быть технико-экономически обоснованы на основе реальной информации об изученности состояния объекта, а конкретный выбор способа повышения промышленной безопасности остается за проектными и эксплуатирующими организациями. Проект строительства ВПС должен включать в себя: 1) первичное обследование объекта; 2) расчет защитных конструкций; 3) технологию монтажных работ и 4) геотехнический мониторинг [22]. В ходе первичного обследования объекта определяются параметры камнепада. Расчет сооружений выполняется на статическое и динамическое воздействие скальных обломков, а для барьеров – вдобавок на предотвращение их перелета через ограждение. В большинстве случаев при их проектировании необходимо предусматривать размещение продуктов камнепада на закуветной полке достаточной ширины для последующей уборки пород механизированным способом [23], а также учитывать возможную стрелу прогиба покровной сетки. Соответственно, технология монтажных работ выбирается на основании принятых конструкторских решений и состоит в применении ручных или механизированных методов строительства. На протяжении всего срока эксплуатации сооружений следует вести наблюдения за их состоянием, а в случае отказа отдельных элементов они подлежат замене.

Изучение особенностей выбора несущих конструкций ВПС

С целью изучения области возможного применения ВПС в условиях открытой геотехнологии аналитически оценена улавливающая способность покровных сеток. При их выборе следует учитывать целый ряд показателей для того, чтобы обеспечить наиболее эффективную работу всего сооружения, главными из которых являются разрывная нагрузка проволоки/полотна и форма/размер ячейки. На основе проведенного анализа строительного рынка выделены противокамнепадные сетки с высокими несущими характеристиками (до 8000 кДж), которые представляют собой конструкцию с кольцевой формой ячейки размером в свету 250÷500 мм. Их изготавливают из оцинкованной высококачественной стали. В свою очередь, другие виды покровных сеток с относительно низкой поглощающей способностью производятся из низкокачественной стали или полимеров и имеют ромбовидную, шестиугольную или прямоугольную форму ячейки размером в свету 3÷100 мм.

Представленные на рис. 3 результаты теоретических исследований количественно отражают снижение эффективности покровных сеток по степенной зависимости с увеличением проектной высоты уступов. При этом подтверждается приемлемая несущая способность стальных покровных сеток с кольцевой формой ячейки для защиты горной техники в условиях эксплуатируемых карьеров (рис. 3а). Однако из-за высокой проникающей способности данного вида сеток их использование не гарантирует безопасность нахождения людей на объекте в случаях падения камней, где следует использовать сетки с относительно меньшими размерами их ячейки. Изучение влияния формы камней на проникающую способность покровной сетки, основываясь на общих законах кинематики и методах расчета объемных тел, позволило разработать рекомендации по выбору размеров ее ячейки, гарантирующих безопасные условия работы карьерной техники (рис. 4а) и людей (рис. 4б). Наибольшую проникающую способность сквозь ячейку покровной сетки имеют камни кубической формы, а относительно меньшую примерно в 1,2÷1,3 и 2÷2,1 раза – камни округлой и тетраэдральной форм, соответственно. Стоит отметить, что покровные сетки с малым размером ячейки, например изготовленные из полимерных материалов (рис. 3б), обладают достаточной улавливающей способностью, чтобы обеспечить защиту рабочего персонала от падения камней и небольших скальных обломков. Следовательно, с целью создания комплексной защиты объекта необходимо использовать их гибридные конструкции.

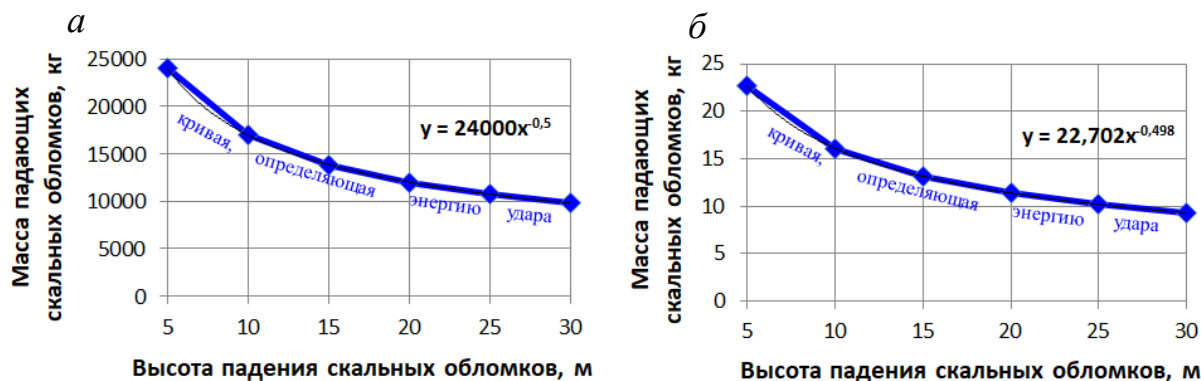


Рис. 3 – Результаты оценки несущей способности покровной сетки при падении скальных обломков:

а – для стальной сетки 4.42.19/6 (ТУ 1275-001-75212412-04);

б – для полимерной сетки ССНП 50/50-35×35-4000 (ТУ 2296-003-68781351-2012)

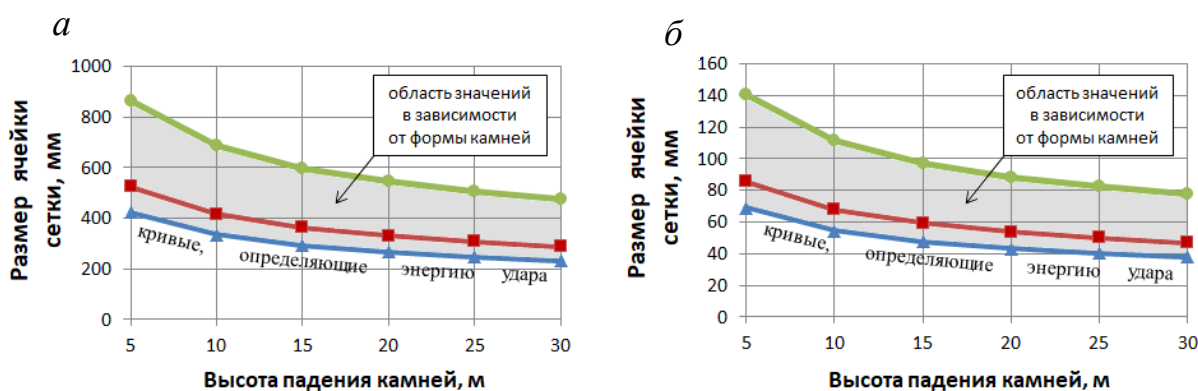


Рис. 4 – Расчетные значения необходимого размера ячейки покровной сетки (на примере горных пород – ийолитов), обеспечивающие защиту:

а – карьерной техники; б – людей

Для того чтобы удержать покровную сетку или барьеры на уступе, обосновываются тип и конструкция съемных анкеров или микросвай с учетом приложенных к ним нагрузок. Монтаж несущих элементов производится в устойчивом породном массиве. В простых условиях достаточно применения съемных анкеров или микросвай длиной $1,5 \div 2$ м с несущей способностью до $50 \div 100$ кН.

Опыт возведения ВПС на действующем железорудном карьере

Приведены примеры реализации разработанной концепции на железорудном карьере АО «Ковдорский ГОК» при выполнении ответственных видов работ на 24- и 30-метровых крутонаклонных уступах. Целевым назначением ВПС в обоих случаях являлась защита людей от камней (1-й класс защиты) в процессе осуществления мероприятий по ручной оборке откосов [24] и георадарного обследования зоны деформации породного массива [25]. По завершению работ проектом предусматривался демонтаж защитных сооружений.

В первом случае безопасность людей обеспечивалась с помощью монтажа передвижной ВПС на основе полимерной покровной сетки с прямоугольной ячейкой (рис. 5а). В ходе предварительного обследования откосов и берм в районе проблемного участка натурными методами установлены объемные размеры кусков пород и аналитически оценены их динамические характеристики в режиме падения. В технологии производства работ использована специально разработанная мобильная платформа, состоящая из съемных несущих конструкций. Методика выполнения работ обоснована таким образом, чтобы гарантировать безопасность людей в пределах каждого рабочего горизонта. Анкеры в этих условиях рассчитывались на нагрузку, приходящуюся от веса полотна сетки и промышленного альпиниста вместе со снаряжением. Расчет прочности анкера на срез проводился на определении касательных напряжений, возникающих в поперечном сечении, а на вырыв – вертикальной составляющей. При этом учитывался собственный вес платформы, а также сила трения по площади основания анкера. После отработки каждого горизонта производилось наращивание противокаменпадной сетки.



Рис. 5 – Опыт внедрения ВПС для защиты людей:
а – при оборке откосов;
б – при георадарном обследовании зоны деформации породного массива

Во втором случае защита людей обеспечивалась с помощью монтажа стационарной ВПС на основе стальной покровной сетки с ромбовидной ячейкой (рис. 5б). По аналогии проведена первичная оценка состояния объекта и обоснованы параметры конструкции сооружения. Необходимость использования данного типа противокамнепадной сетки обусловлена высокой вероятностью падения более крупных скальных обломков с вышележащих предохранительных берм. Методика работ учитывала риски, связанные с проявлениями камнепадов, и включала организационные мероприятия в случае обрушения выявленной деформации породного массива вместе с людьми.

В процессе выполнения вышеперечисленных работ случаев производственного травматизма за счет внедрения ВПС не зафиксировано.

Заключение

В ходе проведенных теоретических исследований и опытно-экспериментальных работ сделано следующее:

– разработана концепция возведения ВПС на карьерах, которые рекомендуется включать в регламент проектируемых карьеров для обеспечения геодинамической безопасности горной техники и людей от негативного воздействия камнепадов при выполнении ими ответственных видов работ вблизи откосов;

– аналитически подтверждена приемлемая эффективность возведения ВПС в условиях открытой геотехнологии. При фактической высоте уступов до 30 м монтаж ВПС на основе современных покровных сеток с высокими несущими характеристиками обеспечит надежную защиту карьерной техники от падающих скальных обломков массой до 10÷24 т, а со средними и низкими несущими характеристиками – людей от камней массой до нескольких сотен килограммов;

– количественно установлено влияние формы и массы скальных обломков на выбор покровной сетки, на основе чего определены безопасные размеры ее ячейки для условий эксплуатируемых карьеров. В качестве комплексной временной защиты людей и горной техники рекомендованы гибридные конструкции покровных сеток с размерами ячейки до 35÷68 и 230÷420 мм, соответственно;

– разработаны и внедрены типовые способы временной инженерной защиты на основе мобильной платформы, имеющей относительно низкую себестоимость конструкции и позволяющей в аналогичных условиях повысить безопасность ответственных видов работ при нахождении рабочего персонала в зоне падения скальных обломков.

Литература

1. International Mining Fatality Database (2008): Project Report / Produced by: Patrick MacNeill. – NSW Department (Australia) [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0009/182484/International-Mining-Fatality-Database-project-report.pdf

2. Мелихов М.В. Обоснование конструкции и технологии формирования проектных бортов рудных карьеров с использованием анкерно-тросово-сетчатых завес: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / М.В. Мелихов. - Апатиты, 2014. - 141 с.

3. Шесть человек погибли при обвале руды в угольном карьере [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://newsturk.ru/2017/10/17/6-chelovek-pogibli-pri-obvale-rudyi-v-ugolnom-karere/>

4. В Китае при обвале в карьере пропали без вести пятеро рабочих [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.nnov.kp.ru/online/news/2527754/>

5. Rock slide kills quarry worker, responding fire chief hospitalized [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.courieranywhere.com/index.php/news-sports/7380-rock-slide-kills-quarry-worker-responding-fire-chief-hospitalized>

6. Источник: обвал в Кузбассе мог произойти из-за нарушения правил работ [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://news.mail.ru/incident/24222055>

7. На карьере АО «Майкаинзолото» горная масса упала на вагончик с 6 рабочими, 1 погиб [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.inform.kz/rus/article/2775536%20target>
8. Годовой отчет о деятельности Северо-Западного управления Ростехнадзора за 2014 г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://szap.gosnadzor.ru/about/reports/>
9. Годовой отчет о деятельности Ростехнадзора в 2014 г. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015. – 442 с.
10. На угольном месторождении Кара-Кече под завалом остались два грузовика, погибли три человека [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://old.kabar.kg/incident/full/67924>
11. Не менее 13 человек погибли в результате обвала в карьере в Танзании [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ria.ru/world/20130402/930554967.html>
12. Годовой отчет о деятельности Ростехнадзора в 2013 г. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 406 с.
13. Двое рабочих погибли при обвале в угольном разрезе в Карагандинской области [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tengrinews.kz/events/dvoe-rabochih-pogibli-obvale-ugolnom-razreze-karagandinskoy-212021/>
14. Mine where 2 killed had highwall citation in April [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.herald-dispatch.com/news/recent_news/mine-where-killed-had-high-wall-citation-in-april/article_d3be76b1-1000-512b-b8ef-6c1282f4de6c.html
15. Workers buried alive in Vietnamese quarry disaster [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wsws.org/en/articles/2011/04/viet-a12.html>
16. В Турции произошел обвал угольного карьера - есть пострадавшие [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://regnum.ru/news/accidents/1373732.html>
17. Worker fatally crushed at Ottawa quarry [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/worker-fatally-crushed-at-ottawa-quarry-1.895497\(15.05.2018\)](http://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/worker-fatally-crushed-at-ottawa-quarry-1.895497(15.05.2018))
18. Mine, quarry, pit, and tunnel accidents and fatalities [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.confined-space-courses.co.uk/pdfs/mines-quarry-pit-tunnels-2007-2013.pdf>
19. Highwall Failures – How they happen [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minesafety.com/highwall-failures-how-they-happen/>
20. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2007 г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/activity/control/folder/%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%202007.pdf>
21. В карьере завалило четырех геологов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=89376>
22. Мелихов М.В. Обоснование проектов по инженерной защите техногенных откосов от оползневых и скально-обвальных явлений при строительстве дорог различного назначения / М.В. Мелихов, С.П. Решетняк // Мир дорог. - 2016. – Август (№ 100). - С. 48 - 53.
23. Решетняк С.П. Проектирование карьерных дорог и их защиты / С.П. Решетняк, Н.С. Аврамова, М.В. Мелихов // Мир дорог. - 2017. - Август (№ 100). - С. 66 - 69.
24. Мелихов М.В. Применение технологии скейлинг для защиты карьерного автотранспорта от камнепадов / М.В. Мелихов, Г.В. Чащинов // XIV Всероссийская (с международным участием) конф. «Ферсмановская научная сессия», посвященная 100-летию со дня рождения акад. АН СССР А.В. Сидоренко и д. г.- м. н. И.В. Белькова. - Апатиты: КНЦ РАН, 2017. - С. 311 - 314.
25. Мелихов М.В. Опыт защиты людей при проведении инженерных изысканий на карьерных уступах / М.В. Мелихов, Д.В. Мелихов // Проблемы недропользования. - 2017. - № 1. - С. 175 - 181. DOI: 10.18454/2313-1586.2017.01.175