УДК: 622.284

В.А.СМИРНОВ, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, (812) 328 82 09*
А.Е.ХЛУСОВ, *канд. техн. наук, старший научный сотрудник, (812) 328 86 54*
Б.Н.САМОРОДОВ, *старший научный сотрудник, (812) 328 86 55*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

V.A.SMIRNOV, *PhD in eng. sc., leading research assistant, (812) 328 82 09*
A.E.KHLUSOV, *PhD in eng. sc., senior research assistant, (812) 328 86 54*
B.N.SAMORODOV, *senior research assistant, (812) 328 86 55*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННЫХ ВИДОВ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Широкое внедрение экономичных облегченных видов крепи позволяет по сравнению с тяжелыми поддерживающими видами в несколько раз снизить материалоемкость, трудозатраты при сохранении устойчивости выработок. Рассмотрены новые виды и параметры крепи, обосновано их применение.

***Ключевые слова*:** легкие и тяжелые виды крепи, новые типы крепи.

IMPROVED LIGHT-WEIGHT SUPPORT TYPES IN MINE WORKINGS

A wider introduction of the efficient light-weight support types into practice, as compared with heavy support, allows to reduce by several times the material capacitance and labour costs in maintenance of stability of mine workings. New types of supports and their parameters have been considered and their application was substantiated.

***Key words*:** light-weight and heavy supports, new types of supports.

Одним из путей повышения рентабельности предприятий горной промышленности и подземного строительства является более широкое внедрение экономичных облегченных видов крепи, позволяющих по сравнению с тяжелыми поддерживающими видами (рамными, монолитно-бетонными, железобетонными и т.п.) в несколько раз снизить материалоемкость, трудозатраты и повысить устойчивость выработок. Однако надежность и эффективность облегченных видов крепи в значительной мере зависит от правильного выбора специалистами предприятий конструкции крепи и основного несущего элемента, которым обычно является анкер, умения приспособить крепь к разнообразным, иногда сложным горно-геологическим условиям проведения и поддержания выработок.

Применение анкерных крепей на глубоких угольных шахтах Великобритании со сложными геологическими условиями по программе «Передовая технология анкерования» (ПТА), разработанной компанией RMT (Rock Mechanics Technology, Ltd) позволила британской угольной промышленности сократить расходы по добыче угля и сделала отрасль привлекательной для приватизации и прибыльной. Несмотря на сложности в преодолении устоявшихся стереотипов, новая технология крепления горных выработок была системно и успешно применена на угольных шахтах, заменив привычную и понятную большинству горняков металлоарочную крепь.

В России несколько лет назад приступили к широкому внедрению анкерных тех-

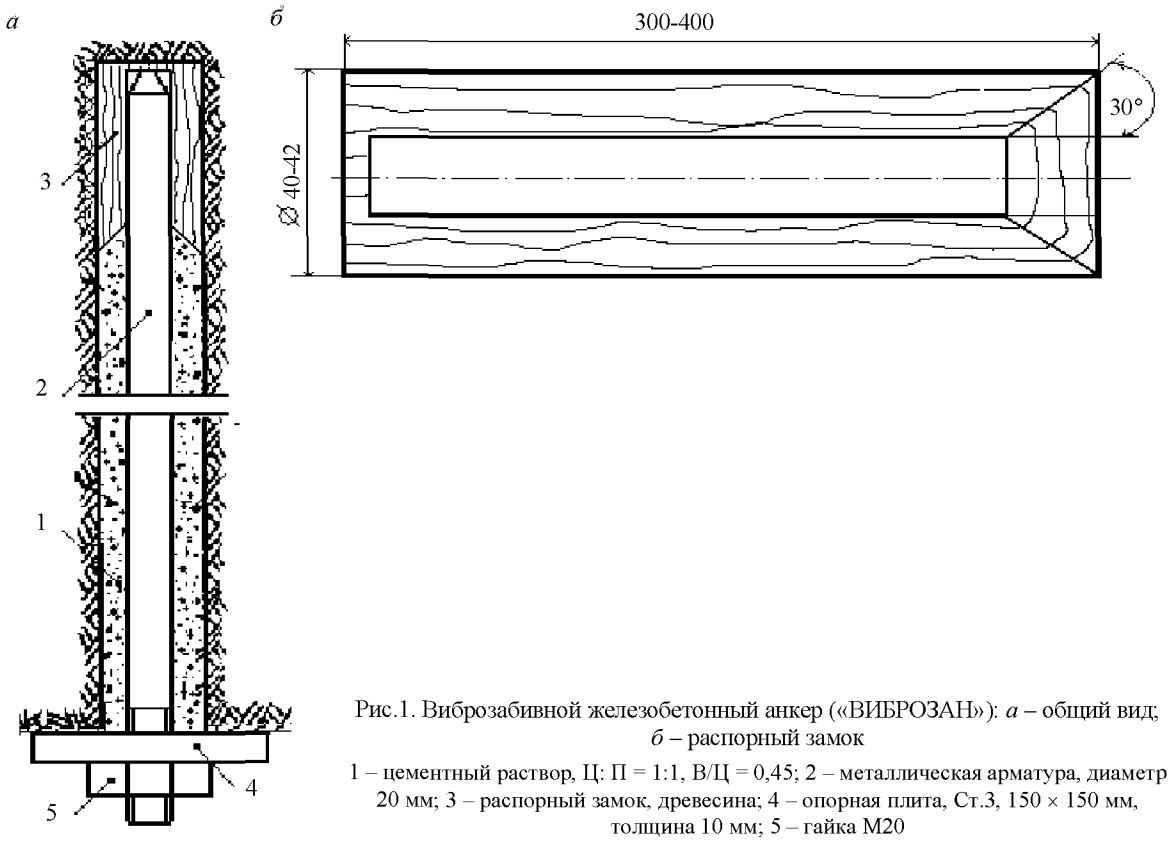


Рис.1. Виброзабивной железобетонный анкер («ВИБРОЗАН»): *а* – общий вид; *б* – распорный замок

1 – цементный раствор, Ц: П = 1:1, В/Ц = 0,45; 2 – металлическая арматура, диаметр 20 мм; 3 – распорный замок, древесина; 4 – опорная плита, Ст.3, 150 × 150 мм, толщина 10 мм; 5 – гайка М20

нологий на шахтах Кузбасса и Ростовской обл. Последние статистические данные говорят об успешных результатах применения анкеров для крепления горных выработок. На некоторых шахтах «Росугля» и особенно приватизированных угледобывающих предприятиях объемы крепления анкерной крепью подготавливающих горных выработок составляют до 95 % общего объема их проведения. В большой степени этому способствовали созданные в России специализированные структуры (Центры анкерного крепления), которые комплексно подходят к распространению в отрасли анкерной технологии и обеспечению шахт требуемыми материалами. В основном это ампульная технология установки сталеполимерной анкерной крепи, основанная на использовании материалов, изделий и оборудования, выпускаемых за рубежом. Это определяет довольно высокую стоимость установки крепи и безусловно является сдерживающим фактором в дальнейшем распространении анкерной крепи как самостоятельного вида, так и других облегченных видов крепи.

Следует отметить также сдерживающее влияние психологического фактора, связанного с применением синтетических смол в технологиях крепления. Горняки их обычно считают «грязными» технологиями. Это видно из опыта внедрения сталеполимерных анкеров на рудниках Норильского комбината, где уже более 30 лет применение их не может выйти из стадии опытно-промышленных испытаний.

Поэтому залогом дальнейшего успешного внедрения облегченных видов крепи на горных предприятиях России (особенно в условиях мирового экономического кризиса) является ориентирование на отечественные разработки в этой области и, в частности, разработки технологичных, экономичных и эффективных конструкций анкеров для широкого спектра условий применения.

Наибольшее признание и практическое применение в горно-рудной промышленности получили железобетонные анкеры за их высокую несущую способность, экономичность и простоту технологии установки. Однако существенным недостатком железо-

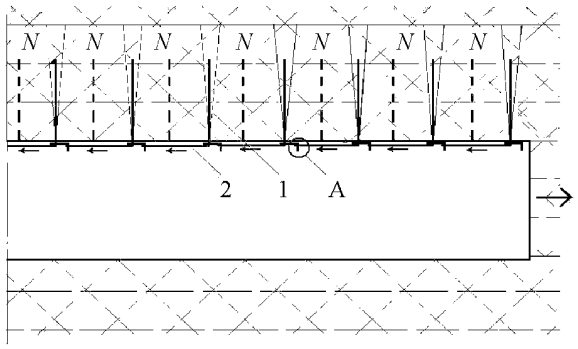


Рис.2. Крепление анкер-подхватами при проходке
1 – анкер; 2 – подхват; А – узел стыковки анкера с подхватом

бетонных анкеров по сравнению со сталеполимерными является значительно больший интервал времени, необходимый для схватывания закрепляющего состава в шпуре анкера. Это в значительной мере снижает их эффективность и ограничивает область применения.

На устранение этого недостатка направлена разработка железобетонного виброзабивного анкера под фирменным названием «ВИБРОЗАН» для широкого спектра условий применения на рудниках, шахтах и для подземного строительства.

«ВИБРОЗАН» (рис.1) обладает высокой начальной несущей способностью сразу после установки (свыше 4 Тс) и повышенной степенью закрепления в шпуре цементно-песчаным составом. При практически одинаковой несущей способности со сталеполимерным анкером он более технологичен и на порядок дешевле. Прочность закрепления повышается за счет попутной вибрационной обработки цементно-песчаной смеси, в процессе которой происходит также цементация трещин в породных стенках скважины выделяемым при вибрации «цементным молочком».

В качестве виброзабивного инструмента могут применяться ручные перфораторы, используемые для бурения скважин, пневмо- и электромолотки с достаточными энергией и частотой удара.

Для условий влияния динамических нагрузок от взрывных работ, поддержания выработок в районах повышенной сейсмической активности «ВИБРОЗАН» может быть легко модифицирован. Обойму распорного замка в этом случае выполняют из литой высокопрочной резины, а заостренному головному концу штанги придают стреловидную форму. Закрепляющему составу также придают упругоподатливые свойства за счет определенных добавок.

Современная концепция совершенствования облегченных видов крепи, по мнению большинства специалистов в этой области, состоит в максимальном использовании несущей способности горного массива во взаимодействии с крепью и, в частности, его повышенной прочности на сжатие в объемном напряженном состоянии. Это может быть достигнуто только путем максимального сохранения или восстановления распора пород в приконтурном массиве выработки с помощью крепи.

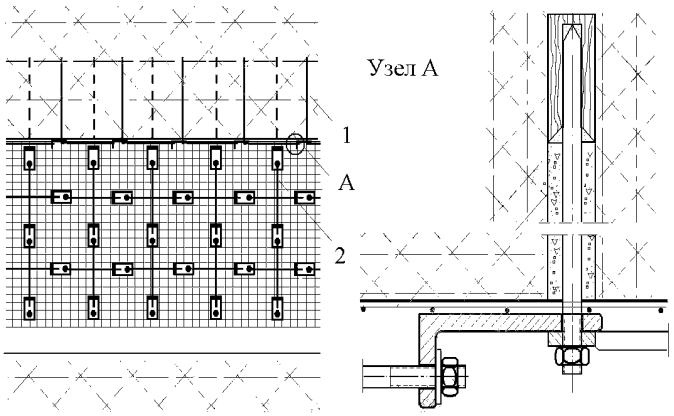


Рис.3. Усиление крепи с помощью поперечных рядов анкер-подхвата

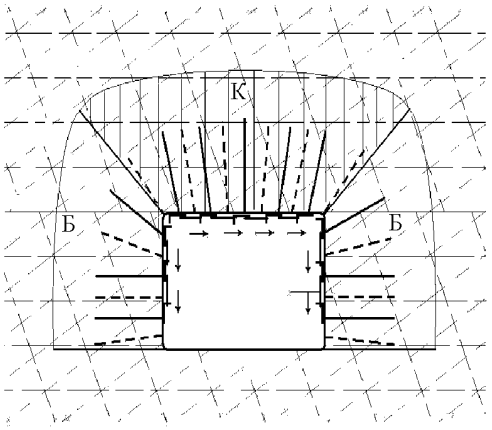


Рис.4. Самораскливающиеся блоки вокруг выработки

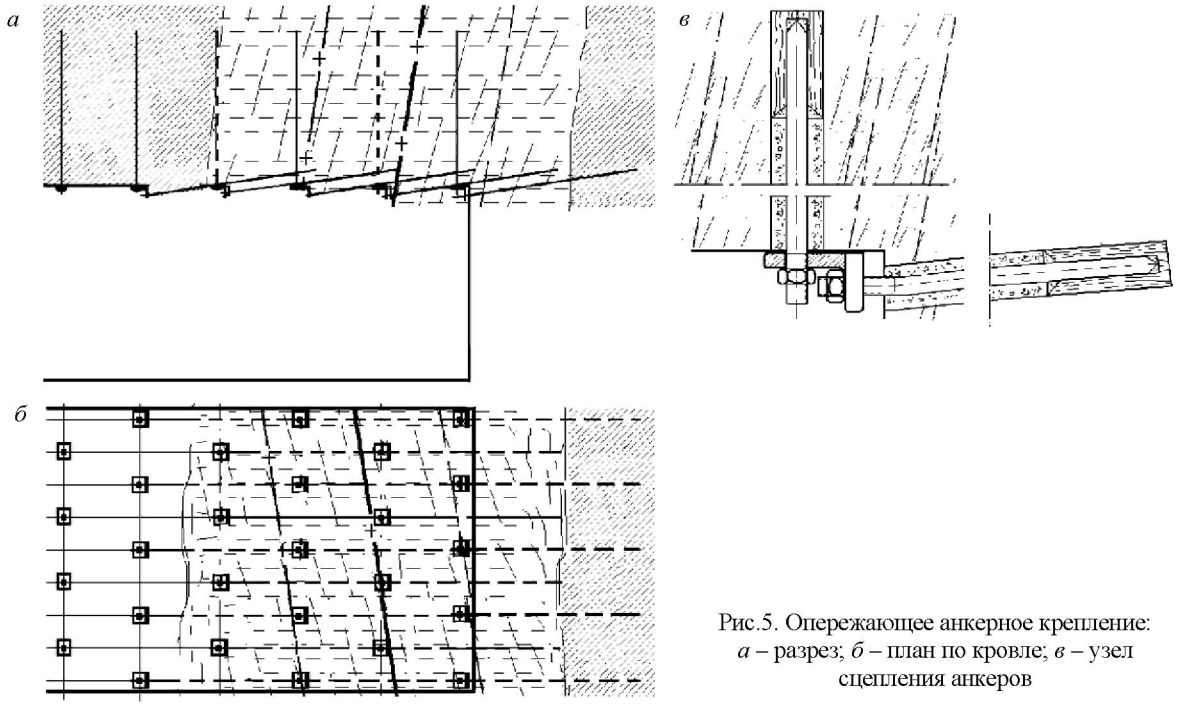


Рис.5. Опережающее анкерное крепление: *а* – разрез; *б* – план по кровле; *в* – узел сцепления анкеров

В разработанных в последнее время способах крепления выработок это достигается с помощью системно связанных анкеров [2, 3, 4]. Например, при проходке выработки с креплением анкерами одновременно или с отставанием производят установку подхватов для восстановления распора пород приконтурного массива путем стягивания анкеров между собой подхватами (рис.2).

При необходимости производят усиление крепи путем установки и стягивания анкеров в поперечном сечении выработки (рис.3).

В результате вокруг выработки формируется мощный армопородный свод с блоками из консолидированных пород (блоки *N*, на рис.2, К и Б на рис.4), образующих распорную систему, способную к самозаклиниванию под действием внешних нагрузок.

Эффективность таких крепей проверена на моделях из эквивалентных материалов, воспроизводящих трещиноватый приконтурный массив выработки. Испытания моделей показали, что упрочненный анкерами и стянутый на контуре подхватами массив работает как единое целое под действием внешней нагрузки. Деформации характеризовались постоянным градиентом, а по величине были в два раза ниже, чем при испытании моделей без стягивания анкеров между собой.

Проходка выработок в неустойчивых породах, склонных к обрушению сразу вслед за подвиганием забоя, требует принятия мер по обеспечению безопасности работ в призабойной зоне. Наряду с применением таких дорогостоящих способов упрочнения, как смолоиньекция, цементация и т. п., это может быть достигнуто с помощью опережающей анкерной крепи [5]. Для этого впереди забоя устанавливают слабонаклонные анкеры, а проходку ведут малыми заходками, устанавливая после каждой заходки новый ряд опережающих анкеров (рис.5). При этом выполняется условие, при котором после каждого подвигания забоя один конец наклонного анкера надежно связан с анкером основной крепи (вертикальным), а другой прочно заделан в нетронутом массиве.

В зависимости от степени устойчивости пород в кровле и их мощности опережающее анкерное перекрытие может быть однослойным, двухслойным и трехслойным.

В мелкоблочных породах такую крепь следует применять в сочетании с металлической решеткой.

Для крепления сопряжений выработок и выработок больших пролетов (типа камер)

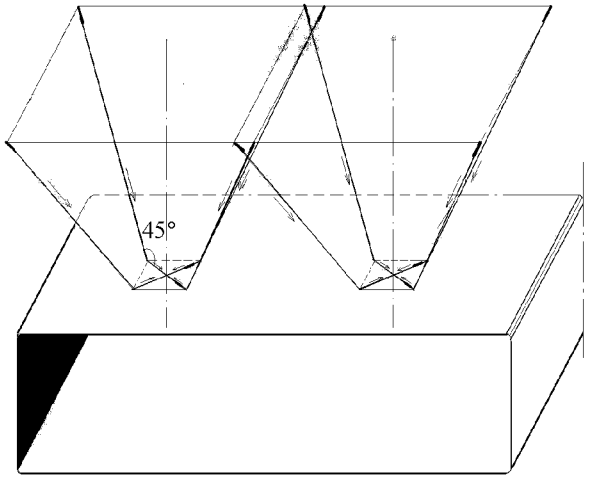


Рис.6. Кусты анкеров повышенной несущей способности для крепления камер и сопряжений

облегченной крепью разработан способ крепления, основанный на использовании глубоких тросовых анкеров повышенной несущей способности [6]. По этому способу расходящиеся под определенным углом анкеры образуют в кровле выработки промежуточные опоры в виде клиновидных блоков (рис.6).

Высокая несущая способность анкеров обеспечивается прочностью троса и закреплением замковых частей анкеров за пределами зоны пород, склонных к обрушению, формирующейся над выработкой. Устойчивость промежуточных опор обеспечивается способностью клиновидных блоков к распору в породах кровли при смещении их внутрь выработки. В результате создается возможность рассматривать сопряжение как систему смежных выработок меньших пролетов, принимая в площади сопряжения соответствующие этим меньшим пролетам параметры анкерной крепи (типовые для сопрягающихся выработок).

Эффективность применения облегченных крепей тесно связана с качеством проходки. При буровзрывном способе проходку необходимо вести с применением контурного взрывания и использованием кумулятивных зарядов в контурных шпурах.

В части механизации крепления с ориентацией на передовые технологии пока можно рассчитывать только на зарубежную технику. Наиболее перспективные средства механизации, которые легко можно адаптировать к технологии установки предложенных видов крепи, – установки для анкерного и тросового крепления типа Robolt и Cabolt, выпускаемые финской фирмой «Tamrock». Установление связей с этой фирмой обещает взаимовыгодное и плодотворное сотрудничество.

Изложенные технические решения могут стать хорошей базой для разработки крупного инвестиционного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1544985 СССР. Способ крепления горных выработок / Белоусов А.П., Смирнов В.А., Генкин Б.Я. // БИ. 1990. № 7.

2. Патент 2177550 РФ. Способ крепления горных выработок / Смирнов В.А., Звездкин В.А., Розенбаум М.А. и др. // БИ. 2001. № 36.

3. Патент 1652592 РФ. Способ крепления горных выработок / Смирнов В.А., Белоусов А.П., Рева В.Н. и др. // БИ. 1991. № 20.

4. Патент 2371582 РФ. Способ крепления горных выработок / Смирнов В.А., Климко В.К., Смирнова А.В. и др. // БИ. 2009. № 30.

5. Патент 2365758 РФ. Виброзабивной анкер («ВИБРОЗАН») / Смирнов В.А., Звездкин В.А., Розенбаум М.А. и др. // БИ. 2009. № 24.

6. Патент 929861 СССР. Способ крепления сопряжений и выработок большого сечения / Рева В.Н., Нейман Л.К, Мельников О.И. и др. // БИ. 1982. № 19.

REFERENCES

1. Author's certificate № 1544985 USSR Method for support of mine workings / Smirnov V.A., et al. // BI. 1990. № 7.

2. Patent 2177550 RF. Method for support of mine workings // Smirnov V.A., et al. // BI. 2001. № 36.

3. Patent 1652592 RF. Method for support of mine workings / Smirnov V.A., et al. // BI. 1991. № 20.

4. Patent 2371582 RF. Method for support of mine workings / Smirnov V.A., et al. // BI. 2009. № 30.

5. Patent 2365758 RF. Vibrodriving anchor (VIBROZAN) / Smirnov V.A., et al. // BI. 2009. № 24.

6. Patent 929861 USSR. Method for support of conjugations and workings of great section / Smirnov V.A., et al. // BI. 1982. № 19.