

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.24.006

УДК 622.235.5

© Ю.А. Масаев, А.П. Политов, А.И. Копытов, В.Ю. Масаев, 2018

**Ю.А. МАСАЕВ**

канд. техн. наук, профессор  
КузГТУ, г. Кемерово  
е-mail: masaev-62@mail.ru



**А.П. ПОЛИТОВ**

канд. техн. наук, профессор  
КузГТУ, г. Кемерово  
е-mail: pap.spssh@kuzstu.ru



**А.И. КОПЫТОВ**

д-р техн. наук, профессор  
КузГТУ, г. Кемерово  
е-mail: kai.spssh@kuzstu.ru



**В.Ю. МАСАЕВ**

канд. техн. наук, доцент  
Кемеровский институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Российский экономический  
университет имени Г.В. Плеханова»,  
г. Кемерово  
е-mail: masaev-62@mail.ru



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ АНКЕРНЫХ КРЕПЕЙ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*Представлены результаты исследований системы «Крепь-массив» в сложных горно-геологических условиях, которые показывают, что на многих горнодобывающих предприятиях России и за рубежом в настоящее время наиболее технически оснащенным и эффективным является анкерное крепление породных обнажений.*

*В соответствии с требованиями межгосударственных стандартов для конкретных горно-геологических условий с учетом глубины ведения горных работ, категории устойчивости, трещиноватости и напряженного состояния законтурного массива горных выработок разработаны новые технические решения клинораспорных, распорно-прижимных и трубчатых анкеров. Данные конструкции анкерной крепи позволяют обеспечить высокую интенсивность и безопасность работ при сооружении и эксплуатации горных выработок в сложных, в том числе удароопасных массивах.*

Ключевые слова: АНКЕРНАЯ КРЕПЬ, ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ, ТРУБЧАТЫЙ АНКЕР, УДАРООПАСНЫЙ МАССИВ.

## Введение

Эффективность сооружения подземных горных выработок зависит от многих факторов, влияющих как на качество разрушения породного массива, так и на устойчивость породных обнажений. Особенностью механических процессов в породных массивах, влияющих на сооружаемые горные выработки, является увеличение напряжений в приконтурном массиве после их проходки, при определенной величине которых породы теряют свою несущую способность и начинают разрушаться. Потеря несущей способности может происходить как в результате пластического течения, так и в результате хрупкого разрушения пород.

Как известно, в нетронutom массиве горные породы находятся в состоянии всестороннего объемного сжатия. При проведении горной выработки условия равновесного состояния нарушаются, и в призабойной зоне формируется поле статических напряжений, вид и величина которых зависят от формы и размеров поперечного сечения горной выработки, а также от физико-механических свойств горных пород. В процессе проведения горной выработки нарушается равновесное состояние породного массива, за счет чего перераспределяются действующие напряжения вокруг контура выработки и впереди забоя.

Механические процессы в приконтурном массиве пород часто приводят к нежелательным последствиям в виде обрушений пород в горную выработку, чрезмерно больших смещений контура, а также динамических проявлений.

Сегодня характерной особенностью разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом, особенно на рудодобывающих предприятиях, является увеличение глубины отработки запасов. Усложнение горно-геологических условий в связи с вовлечением в отработку участков со сложной тектоникой, проявлением

опасных динамических воздействий горного давления ведет к необходимости постоянно совершенствовать методы и способы поддержания горных выработок, а также улучшать качество материалов и надежность конструкций применяемых крепей [1].

## Система «Крепё — массив» в различных горно-геологических условиях

При рассмотрении системы «Крепё – массив» в различных горно-геологических условиях выделяются два основных режима работы крепи: режим заданной нагрузки и режим взаимовлияющей деформации (крепё и породный массив работают совместно, нагрузка на крепё определяется ее деформацией со смещающимся породным массивом) [1]. Основные параметры крепи – податливость и несущая способность. Указанные режимы могут чередоваться и комбинироваться. Так, в начальный период работы крепё может поддерживать только отслоившиеся участки пород кровли и работать в режиме заданной нагрузки, а затем из-за нарастания деформаций вышележащих слоев породы перейти в режим взаимовлияющей деформации.

Опыт изучения особенностей взаимодействия описываемой системы позволяет сформировать основные требования к крепи горных выработок:

- обеспечивать сохранность формы и размеров поперечного сечения горной выработки в течение всего срока службы;
- не требовать увеличения поперечного сечения горной выработки в течение всего срока службы;
- обладать малой сопротивляемостью движению воздушной струи при проветривании;
- не требовать больших инвестиционных вложений.

Выбор определенного вида крепи с учетом указанных требований особо значим при сооружении горных выработок. Однако часто используются виды крепей, традиционных

для предприятий, но не являющихся экономически выгодными и соответствующими имеющимся горно-геологическим условиям. При это иногда выработки в устойчивых породах неоправданно крепят дорогими материалоемкими крепями.

### Анкерное крепление горных пород

Анализ состояния крепления горных выработок и перспективных технических разработок по их поддержанию на многих горнодобывающих предприятиях России и за рубежом показывает, что в настоящее время наиболее технически оснащенным и эффективным является анкерное крепление породных обнажений. Анкерные крепи постоянно вытесняют другие конструкции крепей горных выработок. Особенно эффективно применение анкерной крепи в выработках большого сечения, так как процесс установки может быть полностью механизирован с помощью специально созданных и серийно выпускаемых анкероустановщиков [2].

На выбор рационального вида крепи для конкретных горно-геологических условий влияют глубина ведения горных работ, категория устойчивости, трещиноватость и напряженное состояние породного массива, площадь поперечного сечения и назначение горных выработок.

Согласно действующему межгосударственному стандарту (ГОСТ 31559-2012) минимальная длина анкера должна быть не менее 1,4 м, минимальная несущая способность крепи в породах любой крепости — не менее 50 кН, сопротивление крепи в податливом режиме должно составлять 70–80 % усилия закрепления замка в породах (несущая способность анкера). Анкеры с частичным креплением по длине скважины должны обеспечивать конструктивную податливость в пределах 40–70 мм при смещениях породы от 150 до 300 мм. Если в кровле выработок залегает угольный пласт и горные породы отнесены к опасным по горным ударам и выбросам, то анкеры должны иметь податливость не менее 50 мм [3].

Исходя из указанных требований для горных выработок, которые проводятся в слабой и средней крепости породах, нами был унифицирован клинораспорный анкер, состоящий из металлического стержня 1, головки 2 с продольной прорезью 3, концевой части 4 в форме усеченного конуса (рис. 1). На наружной поверхности головки 2 находятся зубья 5, а в продольную прорезь 3 вставлен металлический клин 6. Работа с клинораспорными анкерами проходит в стандартном для подобных анкером режиме. При внедрении клина 6 в прорезь 3 стенки головки анкера раздвигаются, и зубья на ее поверхности внедряются в стенки шпура, благодаря чему обеспечивается прочное и надежное крепление анкера в шпуре и его максимальная несущая способность.

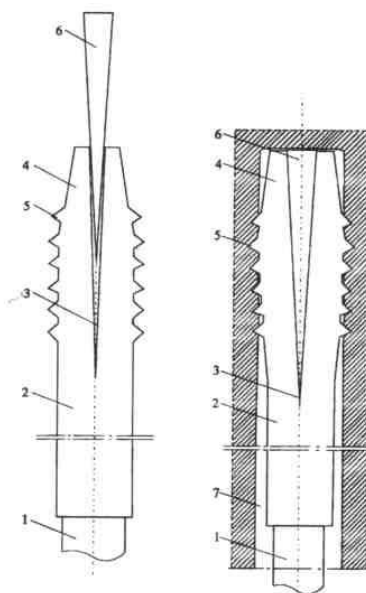


Рис. 1. Клинораспорный анкер

Наличие зубьев на стенках головки анкера позволяет надежно закреплять анкера даже в обводненных шпурах и в тех ситуациях, когда стенки шпуров покрыты глинистыми образованиями. В последних условиях использование анкеров с гладкостенными поверхностями неэффективно, так как коэффициент трения металла о такую породу резко снижается и несущая способность анкера будет недостаточна [4].

Эффективность применения анкерных

крепей различных конструкций зависит от состояния законтурного массива горных пород, которое во многом зависит от способа проведения горных выработок. При проведении горных выработок с применением буровзрывных работ состояние законтурного массива горных пород значительно отличается от состояния при комбайновом методе.

В указанном случае степень нарушенности законтурного массива зависит от нескольких факторов: напряженного состояния породы вокруг горной выработки, свойств взрывчатого вещества, параметров взрыва, кривизны траектории размещения оконтуривающих шпуров и др. При взрыве зарядов ВВ в окружающий породный массив переходит мощная ударная волна, которая затем преобразуется в волну напряжения и при взаимодействии с породным массивом формирует зоны нарушенности [5, 6, 7, 8].

Исследования трещиноватости кернов, взятых из законтурного массива, показали, что на глубине 10–20 см образуется густая сеть трещин, на глубине до 40 см сеть трещин становится реже, а на глубине 1 м и более распространяются лишь отдельные трещины. Таким образом, общую зону нарушенности породного массива вокруг горной выработки можно разделить на область трещинообразования, непосредственно прилегающую к контуру выработки, простирающуюся вглубь массива до 0,3–0,5 м, и область волнового ослабления породы, простирающуюся за область трещинообразования до глубины 0,5–1,0 м. На величину зон нарушенности влияет форма контура выработки [5, 6, 7, 8]. Результаты исследований показывают, что наибольшая глубина зоны отмечается при минимальном радиусе кривизны размещения зарядов ВВ. Глубина зон нарушенности в своде горной выработки при этом составляет 1,2–1,3 глубины зоны нарушенности в боках выработки. В таких условиях значительно снижается устойчивость породных обнажений, и поэтому необходимо создавать условия для стабилизации геологической структуры породного массива за контуром горной выработки, особенно в подверженных геодинамическим

проявлениям зонах. Именно анкерная крепь и выполняет эту функцию. Поэтому, в соответствии с межгосударственным стандартом, при проведении горных выработок по породам, отнесенным к опасным по горным ударам и внезапным выбросам, для предотвращения обрушения пород в приконтурной зоне анкеры должны иметь податливость не менее 50 мм [3].

С целью выполнения указанной функции предлагаются канатные предварительно напряженные анкеры, сдавливающие нарушенные трещинами участки породы и предотвращающие их обрушение благодаря возвратному натяжению каната. Однако в таких конструкциях значимым недостатком является сложность натяжения многослойного металлического каната при установке анкеров, а также довольно сложно обеспечить требуемую податливость за счет возможного смещения приконтурных участков горных пород.

Для предотвращения обрушения пород, отнесенных к опасным по горным ударам, нами разработан принципиально новый тип анкера — распорно-прижимной [9], состоящий из металлического стержня 1 (рис. 2), металлического клина 2, вставленного в прорезь на верхнем торце металлического стержня, двух ребристых полумуфт 3, соединенных монтажным кольцом 4 (закрепляющее устройство может иметь любую другую конструкцию) [9]. На металлическом стержне 1 закреплена пружина 5, ее конструктивные параметры принимаются в зависимости от длины анкера и структурного состояния породного массива. На нижнем торце пружины закреплена цилиндрическая втулка 6 с резьбой на внешней поверхности, на которой расположена опорная плита 7, контактирующая с породным массивом 8, и натяжная гайка 9.

На нижнем торце металлического стержня анкера с помощью резьбового соединения установлена ограничительная гайка 10, фиксирующая длину растяжения пружины 5 м и ограничивающая ход цилиндрической втулки 6. Величина ограничительного расстояния  $l$  рассчитывается при разработке паспортов крепления породного обнажения

при сооружении горных выработок с учетом структурного состояния породного массива и величины его необходимого «стягивания» в зависимости от степени трещиноватости, нарушенности [9].

В шпур вставляют анкер и закрепляют металлическим клином 2 и ребристыми полумуфтами 3 в донной части. С целью упрочнения закрепления головной части анкера в шпуре возможно применение ампулы с полиэфирными смолами. После закрепления анкера в шпуре натяжная гайка 9 накручивается на цилиндрическую втулку 6, которая по металлическому стержню 1 смещается в нижнее положение до ограничительной гайки 10, растягивая при этом пружину, одновременно прижимая опорную плиту к закрепляемому породному массиву [9].

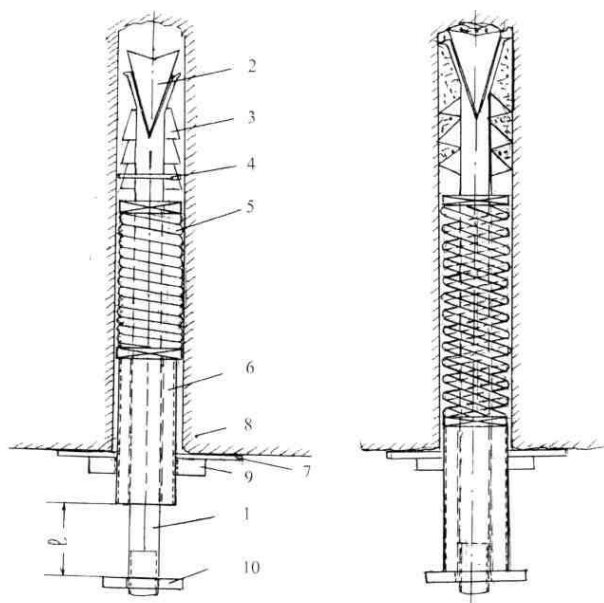


Рис. 2. Распорно-прижимной анкер

В ходе использования растянутая пружина, стремясь к сжатию, сдавливает нарушенные трещинами слои горной породы, уменьшая трещины и предотвращая их дальнейшее развитие, что в значительной степени повышает устойчивость породных обнажений на протяжении всего срока службы горных выработок. В то же время в случае каких-либо изменений в устойчивости законтурных участков породного массива и их смещений

наличие пружины в конструкции анкера обеспечивает его податливость и предотвращает возможные обрушения участков породы.

Одним из направлений совершенствования конструкций анкерных крепей является обеспечение распорного усилия анкера в шпуре по всей его длине. С этой целью нами разработан трубчатый распорный анкер [10], который состоит из наружной металлической трубы 1 и внутренней металлической трубы 4 (рис. 3). На внешней поверхности наружной металлической трубы 1 выполнена винтовая резьба 2, а по всей длине трубы имеется продольная щель 3. Внутренняя металлическая труба 4 имеет внешний диаметр больше, чем внутренний диаметр наружной трубы, и по всей ее длине имеется также щель 5.

При установке трубчатого анкера в шпур 8 сначала вставляется наружная металлическая труба 1 до дна шпура, а затем в трубу 1 вставляется и вдавливается (или забивается) внутренняя металлическая труба 4, располагающаяся таким образом, чтобы ее продольная щель 5 находилась на противоположной стороне от продольной щели 3 наружной металлической трубы 1. При вдавливании внутренней металлической трубы 4 за счет ее сжатия действует распирающее усилие на стенки наружной металлической трубы 1, диаметр ее увеличивается, усилия распора

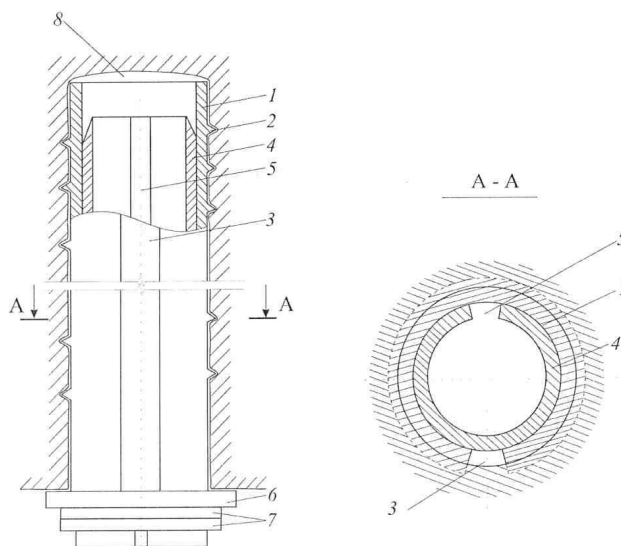


Рис. 3. Трубчатый анкер

внедряют зубья винтовой резьбы в породные стенки шпура и надежно закрепляют анкер в шпуре по всей его длине.

После распора трубчатого анкера в шпуре на его торце устанавливается опорная плита б с кольцевым укором.

Действующее усилие распора через наружную металлическую трубу передается окружающему породному массиву, создавая сжатие имеющихся в законтурном массиве трещин и предотвращая их дальнейшее развитие.

При проходке горных выработок в крепких, упругих породах рудных шахт усилия

распора может быть недостаточно для внедрения зубьев винтовой нарезки в стенки шпура, поэтому в таких условиях рекомендуется применять гидровзрывные трубчатые анкеры [1].

## Выводы

Разработанные конструкции анкерной крепи позволяют обеспечить высокую интенсивность и безопасность работ при сооружении и эксплуатации горных выработок в сложных, в том числе удароопасных горно-геологических условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко А.А., Федоренко А.И., Копытов А.И. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений. Новосибирск: Наука, 2008. 236 с.
2. Копытов А.И., Лебедев А.А., Утробин Б.А. Разработка рациональной технологии крепления горных выработок в удароопасных условиях // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 5. С. 10–14.
3. ГОСТ 31559-2012 Крепи анкерные. Общие технические условия. М.: Стандарт-информ, 2013. 16 с.
4. Патент 150970 Российская Федерация, МПК E21 21/00 (2006.01). Клинораспорный анкер / Ю.А. Масаев, А.П. Политов, В.Ю. Масаев; заявитель и патентообладатель Кузбас. гос. техн. ун-т. № 2014136169/03; заявл. 04.09.2014; опубл. 10.03.2015. Бюл. № 7.
5. Масаев Ю.А. Исследование механизма формирования зоны нарушенности породного массива после взрывания зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 21–24.
6. Масаев Ю.А. Условия проведения горных выработок в напряженном породном массиве // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 24–26.
7. Масаев Ю.А., Масаев Ю.В., Филина Л.Д. Новые разработки в области крепления и повышения устойчивости породных обнажений в горных выработках // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 1. С. 41–45.
8. Доманов В.П., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю., Балаганская Е.Н. Исследование условий формирования зоны нарушенности законтурного массива и ее влияние на устойчивость горных выработок // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 1. С. 16–20.
9. Патент 138709 Российская Федерация, МПК E21 21/00 (2006.01). Распорно-прижимной анкер / Ю.А. Масаев, В.Ю. Масаев, С.А. Соколов; заявитель и патентообладатель Кузбас. гос. техн. ун-т. № 2013143403/03; заявл. 26.11.2013; опубл. 20.03.2014. Бюл. № 8.
10. Патент 150861 Российская Федерация, МПК E21 21/00 (2006.01). Трубчатый анкер / Ю.А. Масаев, А.П. Политов, В.Ю. Масаев; заявитель и патентообладатель Кузбас. гос. техн. ун-т. № 2014139424/03; завл. 29.09.2014; опубл. 27.02.2015. Бюл. № 6.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.24.006

UDC 622.235.5

© Yu.A. Masaev, A.P. Politov, A.I. Kopitov, V.Yu. Masaev, 2018

**Yu.A. MASAEV**

Candidate of Engineering Sciences, Professor  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: masaev-62@mail.ru

**A.P. POLITOV**

Candidate of Engineering Sciences, Professor  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: pap.spssh@kuzstu.ru

**A.I. KOPITOV**

Doctor of Engineering Sciences, Professor  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: kai.spssh@kuzstu.ru

**V.Yu. MASAEV**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor  
Plekhanov Russian University of Economics (branch), Kemerovo  
e-mail: masaev-62@mail.ru

**IMPROVING ROOF BOLTING STRUCTURES FOR MINE OPENING CONSTRUCTIONS**

*The paper discusses the research results of the «Support-massif» system in difficult mining and geological conditions which show that at many mining enterprises in Russia and abroad anchor roof structures for rock scalping is the most technically equipped and effective support. Specific mining and geological conditions new technical solutions for expansion, tubular, expanding–pressing anchors are developed with allowance for the depth of mining, the category of stability, fracturing and stress state of the peripheral mine working massif. These anchor roof structures allow ensuring high intensity and safety of work during the construction and operation of mine workings in complex, including rock-bump hazardous massif.*

Keywords: BOLT ROOF SUPPORT, MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS, TUBULAR BOLT, ROCK-BUMP HAZARDOUS MASSIF.

**REFERENCES**

1. Eremenko A.A., Fedorenko A.I., Kopytov A.I. Development and supports of mine workings in shock-hazardous zones of iron-ore deposit. Novosibirsk: Nauka, 2008. 236 p. (In Russ).
2. Kopytov A.I., Lebedev A.A., Utrobin B.A. Development of rational technology of supporting mine workings in rock bumps hazardous conditions. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2017. № 5. pp. 10–14. (In Russ).
3. GOST 31559-2012 Anchor supports. General specifications. Moscow: Standart-inform, 2013. 16 p. (In Russ).
4. Patent 150970 Russian Federation, IPC E21 21/00 (2006.01). Klinorosporny anchor / Masaev Yu.A., Politov A.P., Masaev V.Yu.; applicant and patent holder Kuzbas. state tech. un-t № 2014136169/03; declare 09.04.2014; publ. 03.10.2015. Bul. № 7.

5. Masaev Yu.A. Study of formation mechanism of destruction zone in rock massive after blasting in overcontouring blastholes. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2013. № 3. pp. 21–24. (In Russ.).

6. Masaev Yu.A. Conditions of carrying out of mining developments in stress state rock massiv. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2013. № 3. pp. 24–26. (In Russ.).

7. Masaev Yu.A., Masaev Yu.V., Filina L.D. New developments in the field of bolting and stability increase of rock outcrops in mines. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2015. № 1. pp. 41–45. (In Russ.).

8. Domanov V.P., Masaev Yu.A., Masaev V.Yu., Balaganskaya E.N. Perimeter massif disruption zone formation conditions and its impact on mine opening stability study. Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti = Industrial Safety. 2015. № 1. pp. 16–20. (In Russ.).

9. Masaev Yu.A., Masaev V.Yu., Sokolov S.A. Rasporno-prizhimnoy anker (Expanding –pressing anchor). Patent 138709 Russian Federation, MPK E21 21/00 (2006.01). Applicant and patent holder Kuzbas. state tech. un-t № 2013143403/03. Application date 11.26.2013; publication date 03.20.2014. Bul. № 8.

10. Masaev Yu.A., Politov A.P., Masaev V.Yu. Trubchatyy anker (Tubular anchor). Patent 150861 Russian Federation, MPK E21 21/00 (2006.01). Applicant and patent holder Kuzbas. state tech. un-t № 2014139424/03. Application date 29.09.2014. Publication date 27.02.2015. Bul. № 6.