

zones the monitoring of the excavations has been carried out in zones of high rock pressure at the mines “Imeni Geroev Kosmosa” and “Zapadno-Donbasskaya” of Public Joint Stock Company “DTEK Pavlogradugol”.

**Methodology.** The monitoring of the state of workings and rock massif in the zones influenced by extraction works was carried out at the 14 sites of mine workings at the mentioned mines by means of linear measurements.

**Findings.** The incomppliance of the boundaries of zones of high rock pressure and spread of rock pressure in the mine workings and the position of the boundaries and dimensions, calculated according to Regulations, was established as the result of the study of the mine workings state in the high rock pressure zones at the mines “Imeni Geroev Kosmosa” and “Zapadno-Donbasskaya” of Public Joint Stock Company “DTEK Pavlogradugol”.

**Originality.** Based on the monitoring results we can draw the conclusion that the zone of high rock pressure in weak wall rocks is characterized by the presence of two components: the zone of disintegration with collapse danger, and the zone with high rock pressure where the continuity of the rock massif remains safe.

**Practical value.** The separation of high rock pressure zones into the above-mentioned two components makes it possible differentiate the scheduling of mine workings fastening in areas of high rock pressure.

**Keywords:** *mine working, area of high rock pressure, discharge zone, bearing pressure zone width, anthropogenic cracks*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 02.07.12.*

УДК 622.28.044.9: 678.5

А.В. Чесноков, д-р техн. наук, доц.,  
Л.Г. Косоногова, канд. техн. наук, доц.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля,  
г. Луганск, Украина, e-mail: chesnokov@snu.edu.ua

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

A.V. Chesnokov, Dr. Sci. (Tech.), Associate Prof.,  
L.G. Kosonogova, Cand. Sci. (Tech.), Associate Prof.

Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University,  
Lugansk, Ukraine, e-mail: chesnokov@snu.edu.ua

## PROSPECTS OF APPLICATION AND CONSTRUCTIVE FEATURES OF RUBBER-AIR REINFORCED LINING

**Цель.** Поиск технологических методов повышения эффективности производства композитных анкеров и определение направлений исследований для решения важной проблемы – снижение себестоимости крепления горных выработок.

**Методика.** Методической основой выполненных комплексных исследований являются: анализ и обобщение литературных источников, тенденций развития технологии закрепления горных выработок, применяемых крепежных средств и обобщение исследований авторов работы в области анкерной полимерной крепи.

**Результаты.** Обоснована эффективность применения анкерной крепи в горных выработках, что согласуется с мировыми тенденциями по применению анкеров из композита. Обоснована форма анкерного стержня – трубчатая с ячеистой поверхностной структурой. Проведен анализ армирующих материалов для анкера с учетом их характеристик, цены и наличия отечественного производства. Обоснован перечень необходимых добавок в связующее и определено их влияние на прочность материала. Определены прототипы для промышленной установки изготовления анкеров.

**Научная новизна.** Реализован комплексный подход к определению формы, структуры, армирующих материалов, добавок для обеспечения эффективного закрепления анкера и равнопрочности конструкции.

**Практическая значимость.** Определена конструкция, материалы и технология опытного производства анкерной полимерной крепи. Приведены направления исследований для создания эффективного массового производства анкерной полимерной крепи, которая соответствует техническим условиям, позволяющим снизить себестоимость крепления горных выработок.

**Ключевые слова:** *композит, анкер, стеклопластик, базальтопластик, эффективность, производство, горные выработки*

**Постановка проблемы.** Крепление горных выработок и поддержание их в рабочем состоянии в период эксплуатации шахт является одним из основных и очень важных производственных процессов при подземной добыче угля. Трудоемкость подготовительных работ составляет в настоящее время 18–19% общей

трудоемкости подземных работ и около 50% трудоемкости очистных работ. Внедрение экономичной анкерной крепи позволяет в несколько раз снизить материалоемкость, повысить темпы проходки и устойчивость выработок по сравнению с массивной рамной конструкцией. Анкерное крепление применяется приблизительно в 10% от общей протяженности выработок. Оно рассматривается как средство интенсификации производства, повышения производительности труда,

уменьшения шахтных расходов, значительного улучшения безопасности горных работ и, как следствие, продвижения высокозатратной и субсидируемой угольной отрасли по пути приобретения экономической жизнеспособности. На шахтах Украины преимущественно используются металлические анкеры с полимерным закреплением в породах. Альтернативным материалом для изготовления анкеров является композиционный материал. Преимущество анкерной крепи из композита – это отсутствие сопротивления режущему инструменту исполнительного органа выемочных или проходческих машин, стойкость к смещению пород и коррозии, исключение возможности фрикционного искрения, малый удельный вес, что облегчает транспортировку и установку анкера в шпур.

В Украине крупным производителем анкерного крепления для горных выработок является завод „Карбоспецполимеркреп“, созданный совместно с немецкой компанией „Carbo Tech“. Завод оснащен современными линиями по производству анкеров и полимерных капсул. В Российской Федерации налажено производство не только металлических, но и стекловолоконных анкеров на Бийском заводе стеклопластиков и ООО „Гортех“. В Казахстане ТОО СП „Минова Казахстан“ производит стеклопластиковые анкеры. Одним из крупнейших производителей стеклопластиковых анкеров является Китай, представленный на нашем рынке фирмой ООО „Сун Хуэй“ [1–4]. Во всем мире прослеживается четкая тенденция к расширению области применения композитной арматуры и анкерной крепи. Технологией производства композитной арматуры и анкерной крепи обычно является пултрузия с использованием ровинга из Е-стекла, винилэфирной смолы и стандартных техник формования. Анализируя продукцию перечисленных фирм, можно выделить два вида формы анкерного стержня переменного сечения (рис. 1, а) и постоянного винтового (рис. 1, б–г).

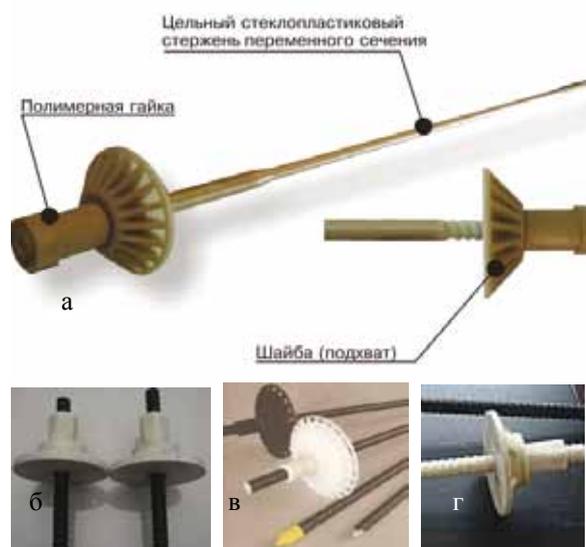


Рис. 1. Формы анкерного стержня [1–4]. Производители: а – Бийский завод стеклопластиков; б – ООО „Гортех“; в – ТОО СП „Минова Казахстан“; г – ООО „Сун Хуэй“

Винтовое сечение является более технологичным для непрерывного производства пултрузией. Внешний диаметр стержня анкера изготавливают равным металлическим анкерам для унификации применяемого оборудования и обеспечения необходимой прочности резьбы. Учитывая, что прочность полимерного стержня в 3 раза выше прочности стального, такой подход нерационален.

Расширение области рационального применения анкерной полимерной крепи возможно за счет совершенствования высокопроизводительных методов изготовления и рационального применения армирующих волокон, использования потенциала ресурсной базы для освоения высокотехнологичного производства.

**Целью работы** является поиск технологических методов повышения эффективности производства композитных анкеров и определение направлений исследований для решения важной народно-технической проблемы – снижение себестоимости крепления горных выработок.

**Форма анкерного стержня.** В работе [5] приведено обоснование трубчатой конструкции анкера, применение которой позволяет уменьшить в 3,2 раза расход композита без потери несущей способности. Анкерная труба получена плетельно-пултрузионным методом. Указанный метод сочетает высокую производительность и равномерно распределенную структуру поверхностного слоя. Наружная поверхность имеет ячеистую структуру для лучшего закрепления анкера. Технологически возможно изготовление трубы анкера сетчатой структуры.

При поиске рационального диаметра анкера необходимо учитывать внешнее сжимающее воздействие на сечение анкера и напряжения, связанные со сдвигом пород, приводящие к смятию и срезу стержня. Снижение диаметра стержня уменьшает объем выемочных работ, но приводит к существенному снижению площади контакта анкера с массивом.

**Применяемые материалы.** Для производства композитной арматуры и анкерной крепи, как сказано выше, используется ровинг из Е-стекла и винилэфирная смола. Учитывая расширение объемов производства строительной арматуры из базальтового волокна, необходимо проанализировать возможность применения его для анкерной крепи. В ООО „Технобазальт-инвест“ (г. Киев) налажено производство широкого спектра базальтовых волокон [6]. Имеется ряд факторов, подчеркивающих преимущества этих волокон:

- базальтовые волокна обладают характеристиками, по многим показателям превышающими стеклянные волокна и не намного уступающими углеродным волокнам;
- сырьевая база для производства базальтовых волокон доступна и практически не ограничена;
- базальтовые волокна обладают высокой теплоустойчивостью. Диапазон температур длительного применения – от минус 200<sup>0</sup>С до плюс 680<sup>0</sup>С;
- базальтовые волокна обладают стойкостью к воздействию агрессивных сред, долговечностью, электроизоляционными свойствами;

– имеется возможность производства материалов и изделий на основе базальтовых волокон с применением различных технологий формовки, намотки, полтрузии и других технологий;

– удельная прочность базальтового волокна в 2,5 раза превышает прочность легированных сталей и в 1,3 раза прочность стекловолокна.

Для оценки упруго-прочностных характеристик композиционного материала на основе стеклянных и базальтовых волокон воспользуемся данными исследований по наиболее близкому изделию – композитной арматуре, ведущим отечественным производителем которой является Технологическая группа „ЭКИПАЖ“ (г. Харьков). Технические характеристики базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры (соответственно аббревиатура АКСП и АКБП) приведены в таблице 1 по данным [7].

Показатели пожарной безопасности (пожарно-техническая классификация), в соответствии с ДБН В 1.1.7, у композитной арматуры такие: группа горючести Г1 (низкой горючести), группа распространения пламени РП1 (не распространяют), группа дымообразующей способности Д2 (с умеренной дымообразующей способностью). Как и предполагалось ранее, прочность АКБП в среднем на 1,25 выше за счет более высокой прочности волокна.

Таблица 1

Технические характеристики АКСП и АКБП

Наименование показателя	АКСП	АКБП
Разрушающее напряжение при растяжении, не менее, МПа	700 – 900	800 – 1200
Модуль упругости при растяжении, ГПа	25 – 30	30 – 40
Модуль упругости при изгибе, ГПа	25 – 30	30 – 35

Сравнение стоимости анкеров АКСП и АКБП, по данным того же источника [7], АКБП в 1,3...1,4 раза дороже. При перерасчете на прочность мы получаем близкие показатели. Учитывая равные условия производства, необходимо проводить параллельно исследования композитных анкеров из стеклопластика и базальтопластика.

К материалам, используемым в конструкциях и оборудовании для подземных работ, особенно из полимерных материалов, предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности. Из анализа различных методов снижения горючести полиэфирных связующих и изделий на их основе можно определить, что для рассматриваемого случая наиболее эффективно применение антипиренирующих добавок.

Для определения горючести материала, в зависимости от концентрации и вида добавок антипиренов, были изготовлены соответствующие образцы и проведены испытания на горючесть по методу огневой трубы. Этот экспериментальный метод один из наиболее характерных способов практического использования критических явлений при горении полимеров. В работе [8] приведены результаты испытаний и

получен композит, который по огнестойкости относится к группе трудновоспламеняемых материалов.

Для устранения накопления статического электричества на поверхности изделий в их состав возможно введение антистатиков, в качестве которых могут применяться поверхностно-активные вещества, электропроводящие покрытия и т.д. Наиболее приемлемой добавкой для исследуемого материала является ацетиленовая сажа. Результаты экспериментальных исследований влияния количества и состава вводимых добавок на физико-механические свойства приведены в [9]. На основании полученных данных можно сделать вывод, что снижение механических характеристик стеклопластиков, в основном, зависит от процентного содержания общего количества добавок, а не от их вида. Наибольшее влияние добавки оказывают на сдвиговые и прочностные свойства стеклопластиков, меньшее – на упругие свойства.

Несмотря на то, что полученный композит относится к самозатухающим материалам (группа горючести Г-1), предельная длительная рабочая температура композитной арматуры в толще грунта составляет 200°C. Ее применение ограничено областями, не подверженными воздействию фактора высокотемпературного нагрева. Весьма актуальным является вопрос поиска связующего для производства анкерной крепи и арматуры, способного выдерживать высокие температуры. Сегодня нет публикаций, описывающих прогресс в этом направлении.

Анкер находится постоянно в напряженном состоянии, испытывает растягивающую нагрузку от сил затяжки стержня и, в дальнейшем, нагружен весом свода, что приводит к возникновению преднапряженного состояния материала и необходимости его подтягивания через определенный промежуток времени в силу развивающейся ползучести материала анкера.

Ползучесть армированного материала определяется упруговязкими свойствами конструкции и различными деформационными свойствами структурных составляющих материала анкера. В процессе нагружения напряжения в компонентах различны и, в основном, зависят от соотношения физико-механических свойств компонентов и их объемного содержания. При длительном нагружении, из-за существенного различия упруговязких свойств полимерного связующего и армирующих наполнителей, в компонентах происходит перераспределение напряжений во времени.

В работе [10] приводятся сравнительные данные ползучести однонаправленного и плетеного композитного анкера. У анкеров с плетеной структурой ползучесть на 25...35% ниже, что увеличивает срок эксплуатации анкерной крепи без дополнительного подтягивания крепления.

Для крепления трубчатой штанги с крепью использован металлический фитинг [5]. Фитинг запрессовывают в сформованную трубчатую конструкцию и закрепляют с помощью клеевых составов. В работе [11] выполнен поиск рациональных конструктивных решений стыковочного узла. Предложена схема армирования – продольная с плетеным подкрепляющим

слоем. Применение металла в крепежном узле повышает надежность, но при этом увеличивается и стоимость анкера. Остается актуальным поиск направлений снижения стоимости крепежного узла без потери несущей способности, так как грузоподъемность крепежного узла должна быть не менее грузоподъемности стержня.

Закрепление анкера в породах может осуществляться промышленно выпускаемыми ампулами с химическими составами на основе смол. Такой метод закрепления рекомендуется и производителями стеклопластиковых анкеров [1–4]. Учитывая полую конструкцию рассматриваемого анкера и возможность изготовления анкерной трубы с сетчатой конструкцией, целесообразным представляется исследование возможности подачи крепежных растворов через анкер, в качестве которых можно использовать как быстротвердеющие цементные растворы, так и органо-минеральные (Вилкит-Е, в настоящее время – Геофлекс) и полиуретановые (Беведол / Беведан) смолы. Подача смол через анкер позволяет не только надежно его закрепить по всей длине и заполнить внутреннюю пустоту, но и упрочняет нарушенные и неустойчивые зоны в массиве горных пород.

Контроль прочности закрепления анкера в скважине можно производить по разработанным методикам переносными гидравлическими приборами, например, ПКА-1 или ГИП. Для определения прочности закрепления в скважине прибор вместе с шаровой опорой навинчивают на внешний конец стержня анкера и создают осевое усилие. По показанию манометра определяют усилие разрушения. В процессе нагружения определяют скольжение анкера. Контроль изменения натяжения анкера во времени производят динамометрами, например, ДГА-1, СПУ или с применением тензометрических датчиков.

**Оборудование для производства анкеров.** В работе [5] описана технологическая установка непрерывного изготовления изделий плетельно-пултрузионным методом. Предложенная лабораторная установка может обеспечить необходимые схемы армирования, но имеет недостаточную производительность, что не позволяет использовать ее в промышленных масштабах. Учитывая сходство технологических процессов, за базовую конструкцию установки можно принять линию производства композитной арматуры. Например, технологическая линия для производства композитной арматуры фирмы ПТЭК, представленная на рис. 2.

Увеличенная длина полимеризационной камеры позволяет изготавливать композитную арматуру диаметром от 3 до 18–20 мм с производительностью не менее 270 м/час, не ухудшая ее технических характеристик. Для производства анкеров предложенной схемы армирования в технологическую линию должен быть встроены высокоскоростной плетельный узел. На данный момент нет разработок плетельных узлов, обеспечивающих указанную производительность, что также является актуальной задачей для исследований.

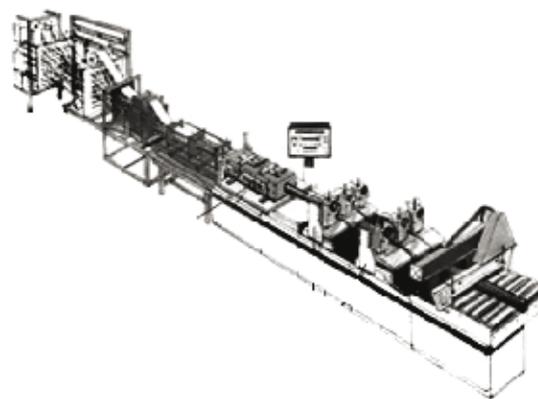


Рис. 2. Технологическая линия

**Выводы.** Приведенный выше краткий анализ потребностей угольной отрасли в анкерной крепи определил востребованность композитной анкерной крепи в современном шахтном строительстве. Достигнутый научно-технический уровень, наличие сырьевой базы и опыт аналогичного производства создают предпосылки для освоения производства композитной анкерной крепи, хотя эти вопросы специфичны и не могут быть решены чисто конструктивно, поскольку это требует проведения целого ряда дополнительных теоретических и экспериментальных исследований по изучению влияния технологических факторов на производительность и качество получаемых изделий. Выделены решенные задачи и определены направления дальнейших исследований, результаты которых должны обеспечить эффективное массовое производство композитных анкеров, соответствующих техническим условиям.

#### Список литературы / References

1. ООО „Бийский завод стеклопластиков“. Шахтный анкер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bzs.ru>.  
ООО “Biyskiy Zavod Stekloplastikov”, (2012), “Mine anchor”, available at: [www.bzs.ru](http://www.bzs.ru) (accessed September 5, 2012).
2. ООО „ГорТех“. Стеклопластиковый анкер типа АСВШ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gorteh.ru/dir/136>.  
ООО “GorTekh”, (2011), “ASVSH Fiberglass anchor type”, available at: <http://gorteh.ru/dir/136> (accessed October 10, 2011).
3. ТОО СП „Минова Казахстан“. Стеклопластиковые анкеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://minova.kz/?p=136>.  
ТОО СП “Minova Kazakhstan”, (2012), “Fiberglass anchors”, available at: <http://minova.kz/?p=136> (accessed September 5, 2012).
4. ООО „Сун Хуэй“. Стеклопластиковый анкер с гайками и шайбами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tiu.ru/cs91629-sun-huej>.  
Ltd. Sun Huiej, (2012), “Fiberglass anchor with nuts and washers”, available at: <http://tiu.ru/cs91629-sun-huej> (accessed September 5, 2012).
5. Разработка новой конструкции анкерной полимерной крепи на основе высокопрочных жгутов и оборудования для ее изготовления / Чесноков А.В.,

Чесноков В.В., Косоногова Л.Г., Должиков Ю.П. // Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: материалы науч.-практ. конф. – Луганск: Восточно-украинский нац. ун-т им. В.Дала, 2006. – С. 163–170.

Chesnokov, A.V., Chesnokov, V.V., Kosonogova, L.G. and Dolzhikov, Yu.P. (2006), “Development of new design of anchor polymer lining based on high-strength ropes and equipment for its manufacture”, *Proc. of the Scientific and Practical Conference “Problemy podzemnogo stroitelstva i napravleniya razvitiya tamponazha i zakrepleniya gornykh porod”*, Lugansk, Ukraine, pp. 163–170.

6. ООО Технобазальт-Инвест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technobasalt.prom.ua>.

ООО “Tehnobazalt-Invest”, (2012), available at: <http://technobasalt.prom.ua> (accessed September 5, 2012).

7. Технологическая группа „ЭКИПАЖ“ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://frp-rebar.com>.

Production Team “EKIPAZh”, (2012), available at: <http://frp-rebar.com> (accessed September 5, 2012).

8. Понижение горючести полимерных материалов, используемых в горных машинах и комплексах / Косоногова Л.Г., Чесноков А.В., Чесноков В.В., Должиков Ю.П. // Проблемы горного дела и экологии горного производства – Донецк: Вебер, 2007. – Раздел 6.1. – С. 224–228.

Kosonogova, L.G., Chesnokov, A.V., Chesnokov, V.V. and Dolzhikov, Yu.P. (2007), “Reduced flammability of polymeric materials used in mining machinery and systems”, *Problems of mining and environmental mining*, part 6.1, Veber, Donetsk, pp. 224–228.

9. Исследование влияния вводимых антипиренов и антистатиков на механические свойства полимерных композиционных материалов / Косоногова Л. Г., Чесноков А. В., Чесноков В. В., Рябичев В. Д. // Проблемы горного дела и экологии горного производства – Донецк: Вебер, 2007. – Раздел 6.3. – С. 236–239.

Kosonogova, L.G., Chesnokov, A.V., Chesnokov, V.V. and Ryabichev, V.D. (2007), “Study of the influence of input retardants and antistatic agents on the mechanical properties of polymer composites”, *Problems of mining and environmental mining*, part 6.3, Veber, Donetsk, pp. 236–239.

10. Исследование ползучести анкерной полимерной крепи на основе высокопрочных жгутов / Косоногова Л.Г., Фрегер Д.Г., Чесноков А.В., Чесноков В.В. // Проблемы горного дела и экологии горного производства: матер. V междунар. науч.-практ. конф. (14–15 мая 2010, г. Антрацит) – Донецк: Вебер, 2010. – С. 204–211.

Kosonogova, L.G., Freger, D.G., Chesnokov, A.V. and Chesnokov, V.V. (2010), “The study of creep anchor polymer lining based on high-strength ropes”, *Proc. of the 5th International Scientific Conference, “Problems of mining and environmental mining”*, May 14–15, 2010, Antratsit, Veber, Donetsk, pp. 204–211.

11. Разработка равнопрочной конструкции анкерной полимерной крепи / Чесноков А. В., Чесноков В. В., Косоногова Л. Г., Фрегер Д. Г. // Проблемы горного дела и экологии горного производства: матер. междунар. науч.-практ. конф. (6–7 июня 2008 г., г. Антрацит). – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – С. 115–119.

Chesnokov, A.V., Chesnokov, V.V., Kosonogova, L.G. and Freger, D.G. (2008), “Development of equipment-resistant design of anchor polymer lining”, *Proc. of the International Scientific Conference “Problems of mining and environmental mining”*, 6–7 June, 2008, Donetsk, Nord-Press, 2008, pp. 115–119.

**Мета.** Пошук технологічних методів підвищення ефективності виробництва композитних анкерів і визначення напрямів досліджень для розв’язання важливої проблеми – зменшення собівартості кріплення гірничих виробок.

**Методика.** Методичною основою виконаних комплексних досліджень є: аналіз і узагальнення літературних джерел, тенденцій розвитку технології кріплення гірничих виробок, засобів кріплення, що застосовуються, узагальнення досліджень авторів роботи в галузі анкерного полімерного кріплення.

**Результати.** Обґрунтовано ефективність застосування анкерного кріплення в гірничих виробках, що узгоджується зі світовими тенденціями щодо застосування композитних анкерів. Обґрунтовано форму анкерного стрижня – трубчаста з пористою поверхневою структурою. Проведено аналіз армуючих матеріалів для анкера з урахуванням їх характеристик, ціни та наявності вітчизняного виробництва. Обґрунтовано перелік необхідних добавок у сполучне та визначено їх вплив на міцність матеріалу. Визначено прототипи для промислової установки виготовлення анкерів.

**Наукова новизна.** Реалізовано комплексний підхід до визначення форми, структури, армуючих матеріалів, добавок для забезпечення ефективного кріплення анкера та рівномірності конструкції.

**Практична значимість.** Визначено конструкцію, матеріали та технологію дослідного виробництва анкерного полімерного кріплення. Наведено напрями досліджень для створення ефективного масового виробництва анкерного полімерного кріплення, що відповідають технічним умовам та дозволяють знизити собівартість кріплення гірничих виробок.

**Ключові слова:** композит, анкер, склопластик, базальтопластик, ефективність, виробництво, гірничі виробки

**Purpose.** To find the technological methods of increase the composite anchors production efficiency and to determine the research ways to solve important economic-engineering problems aimed at reducing of mine bolting prime cost.

**Methodology.** Analysis and generalization of literary sources and tendencies of technological development of mine polymer anchoring, generalization of information about fastening tools and researches of authors dealing with polymer anchoring are the methodical basis of the complex research performed.

**Findings.** We have substantiated the efficiency of polymer anchoring of mine workings which meets the world tendencies of composite anchor application. We have substantiated efficiency of the shape of anchor bar which has the tubular form with cell surface structure.

We have analyzed the reinforcing materials for anchors taking into account their features, price and availability of domestic production. The list of additives required for binding agent improvement has been suggested and their influence on the material strength has been determined. The prototypes for industrial installations producing such anchors have been suggested.

**Originality.** We have worked out the complex approach to define the shape, structure, reinforcing materials, additives to provide effective anchor bolting and proper strength of the structure.

**Practical value.** The anchor structure, materials and technology of the polymer anchors pilot production have been determined. The research ways for development of effective mass production of polymer anchors corresponding to the specifications which allow reducing prime cost of mine polymer anchoring are defined.

**Keywords:** *composite material, anchor, glass-fibre plastic, basalt-plastic, efficiency, production, mine working*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.Д. Рябічевим. Дата надходження рукопису 25.09.12.*

УДК 658: 622.272

**Н.И. Ступник<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
В.А. Калиниченко<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
М.Б. Федько<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
Е.Г. Мирченко<sup>2</sup>**

1 – Государственное высшее учебное заведение „Криворожский национальный университет“, г. Кривой Рог, Украина, e-mail: vsevolod921@mail.ru  
2 – ш. „Смолинская“, ГП „ВостГОК“

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЗТРОТИЛОВЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА РУДНИКАХ С ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**N.I. Stupnik<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
V.A. Kalinichenko<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
M.B. Fedko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
Ye.G. Mirchenko<sup>2</sup>**

1 – State Higher Educational Institution “Krivoy Rog National University”, Krivoy Rog, Ukraine, e-mail: vsevolod921@mail.ru  
2 – Mine “Smolinskaya”, “GP VostGOK”

## PROSPECTS OF APPLICATION OF TNT-FREE EXPLOSIVES IN ORE DEPOSITS DEVELOPED BY UNDERGROUND MINING

**Цель.** Целью работы является выбор типов простейших взрывчатых веществ (ВВ), теоретическое обоснование целесообразности и практической необходимости перехода на экономичные, безопасные и экологически надежные безтритиловые взрывчатые вещества.

**Методика.** Для определения перспектив использования безтритиловых ВВ на рудниках с подземной добычей полезных ископаемых используют общенаучные и специальные методы исследования: методы математического, статистического и графического моделирования; метод системного подхода, метод экономико-математического моделирования.

**Результаты.** Эффективность использования ВВ простейшего состава в подземных условиях зависит от крепости и обводненности горных пород, а также от физической стабильности взрывчатой смеси.

При взрывных работах необходимо исключить использование ВВ несбалансированных по кислородному балансу или с нестабильным составом компонентов, изменяющихся в зависимости от горно-геологических условий применения ВВ в скважинах.

**Научная новизна.** Установлено, что при одинаковом химическом составе физические различия смесей обуславливают, прежде всего, различные значения величин критического  $d_{кр}$  и предельного  $d_{пр}$  диаметров заряда. Так смесь дизельного топлива с непористой селитрой имеет  $d_{кр} = 120-160$  мм в патронах в бумажной оболочке, а с пористой селитрой 70–100 мм. Критические параметры детонации и взрывчатые характеристики игданита при диаметре заряда меньше предельного в значительной степени зависят от свойств гранул селитры, их пористости, впитывающей способности относительно дизельного топлива, удельной поверхности и др.

**Практическая значимость.** В рамках обеспечения горнодобывающих предприятий Украины водоустойчивыми и безопасными в обращении патронированными ВВ рекомендовано применять эмульсионные ВВ марки „ЕРА-Р“ II класса применения для заряжания скважин патронами диаметром от 32 до 90 мм. Такие ВВ инициируются от капсуль-детонатора (КД) или детонирующего шнура (ДШ), используются в шахтах и рудниках не опасных по газу и пыли. По своим эксплуатационным характеристикам и показателям безопасности патронированные ЭВВ марки „ЕРА“ выгодно отличаются от традиционного аммонита №6 ЖВ.

**Ключевые слова:** *безтритиловые ВВ, подземная добыча, руда, горные породы, скважины*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Буровые и взрывные работы яв-

ляются одними из основных технологических процессов добычи полезных ископаемых. Поэтому они в значительной степени влияют на состояние промышленной и экологической безопасности горнодобы-