

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАЗАЛЬНОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДЕГАЗАЦИИ ШАХТ И РУДНИКОВ

А. К. Кычкин¹, А. Г. Туисов², М. М. Копырин²

¹ Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия, e-mail: prezidium@prez.ysn.ru;

² Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия, e-mail: iftps01@mail.ru

Аннотация: обеспечение безопасности труда работников горнодобывающей отрасли является первостепенной задачей. Особое внимание охране труда уделяют при добыче полезных ископаемых закрытым способом. Это связано с выделением и накоплением пожаро-, взрывоопасных и вредных для здоровья человека газов, высвободившихся из вскрытых пластов пород. Актуальным способом решения данной проблемы является установка дегазационной системы, обеспечивающей размещение газоотводящих труб на больших количествах скважин при сравнительно больших площадях и зависящей только от технических показателей вакуум-насосной станции и эксплуатационных характеристик труб. Для таких систем перспективно применять трубы из полимерных композиционных материалов (ПКМ), так как они обладают легким весом и рядом следующих преимуществ: не разрушаются от коррозии в связи с химической инертностью, имеют высокие упруго-прочностные характеристики и долгий срок эксплуатации. На основании литературного анализа было установлено, что упруго-прочностные характеристики ПКМ на основе базальтового ровинга выше, чем у стеклотекстолитов. В данной работе рассматривались трубы из базальтопластика, с диаметром 315 мм и толщиной стенок 6 и 12 мм. Проведенные испытания на изгиб определили предел прочности у труб с толщиной 6 мм – $500 \pm 12,5$ МПа, у 12 мм – $438 \pm 11,0$ МПа. Также данный вид материала обладает повышенной герметичностью и прочностью на гидростатическое нагружение и выдерживает значения внутреннего давления до 9–12 МПа.

Ключевые слова: дегазация, базальтопластик, базальтовые трубы, изгиб, гидростатическое нагружение, упруго-прочностные свойства, трубы КППН, промышленная безопасность.

Для цитирования: Кычкин А. К., Туисов А. Г., Копырин М. М. Обзор возможности применения базальтопластиковых труб для системы дегазации шахт и рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5–2. – С. 136–144. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_136.

Review of the possibility of using basalt–plastic pipes for the degassing system of mines and mines

A. K. Kychkin¹, A. G. Tuisov², M. M. Kopyrin²

¹ Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionova SB RAS, Yakutsk, Russia;

² Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center SB RAS", Yakutsk, Russia

Abstract: Ensuring the safety of workers in the mining industry is a top priority. Particular attention is paid to labor protection in the extraction of minerals by the mine method. This is due to the release and accumulation of flammable, explosive and harmful to human health gases released from the exposed rock layers. An actual way to solve this problem is to install a degassing system. This method provides for the placement of flue pipes in large numbers of wells with relatively large areas, and depends only on the technical parameters of the vacuum pumping station and the performance of the pipes. For such systems, it is promising to use pipes made of polymer composite materials (PCM). These materials have a light weight and a number of the following advantages: they are not destroyed by corrosion due to chemical inertness, they have high elastic-strength characteristics and a long service life. Based on the literature analysis, it was found that the elastic-strength characteristics of PCM based on basalt roving are higher than those of fiberglass. In this work, pipes were obtained from basalt plastic, with a diameter of 315 mm and a wall thickness of 6 and 12 mm. The conducted bending tests determined the tensile strength for pipes with a thickness of 6 mm – 500 ± 12.5 MPa, for 12 mm – 438 ± 11.0 MPa. Also, this type of material has increased tightness and strength for hydrostatic loading, and can withstand internal pressures up to 9–12 MPa.

Key words: degassing, basalt plastics, basalt pipes, bending, hydrostatic loading, elastic-strength properties, CPF pipes, industrial safety.

For citation: Kychkin A. K., Tuisov A. G., Kopyrin M. M. Review of the possibility of using basalt-plastic pipes for the degassing system of mines and mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5–2):136–144. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_136.

Введение

В промышленной отрасли одной из важных задач является обеспечение безопасности труда, особенно при закрытом способе добычи полезных ископаемых. Высокую опасность при таком типе добычи представляет скопление газов. Состав таких газов практически не отличается: туда входят метан, водород, углекислый газ, оксид углерода, предельные и непредельные углеводороды. Также отмечают выделения радиоактивного газа радона, образующегося при распаде радия, которые содержатся в разных концентрациях во всех пластах угля и вмещающих породах. Кроме того, можно найти такие соединения серы, как сероводород и сернистый ангидрид. Все вышеприведенные газы выделяются при процессе метаморфизма, разрушении угольных пластов породы и при окислении угля. Некоторые виды газов используются в качестве индикаторов и могут привести к аварийным ситуациям [1].

На данный момент в угледобывающей промышленности существуют

более 30 методов и технологических схем отвода газов из разрабатываемых пластов. Наиболее широко применяются способы дегазации с помощью скважин, пробуренных с поверхности либо из подготовительных выработок, также распространены предварительная пластовая дегазация и барьерная дегазация. Среди недостатков дегазации с помощью скважин, пробуренных с поверхности, отмечается небольшое газовыделение в выработки и уменьшение пропускной способности с увеличением глубины шахт. Также этот метод является достаточно дорогим. В некоторых случаях вместо скважин применяют газодренажные выработки. Однако применимость данного способа зависит от состава пород углеродного массива [2].

Высоко распространена дегазация спутников скважинами, пробуренными из горных выработок. Недостатком метода является то, что бурение происходит только после прохода лавы, что приводит к отставанию дегазации от очист-

ных работ. Поэтому с ростом нагрузок уменьшается эффективность способа.

Один из механизмов вывода скопления газов для обеспечения безопасности труда горнорабочих и безостановочного технологического процесса является система дегазационных труб. Такая система позволяет установить внутришахтное давление (в пределах 840—1150 ГПа) и температуру (от –5 до +35 °С, в зависимости от глубины прокладки, шахты). Поэтому к материалу данных видов труб предъявляются высокие требования по срокам эксплуатации и прочностным характеристикам. При применении труб из полимерных композиционных материалов (ПКМ) срок эксплуатации системы повышается до 5 раз (по сравнению с металлом) из-за отсутствия возможности раннего разрушения, вызванного коррозией [3, 4]. Данный вид материалов обладает повышенными упругопрочностными характеристиками [5, 6] и имеет высокую прочность на истирание, связанную с внутренней гладкой поверхностью труб [7].

В настоящее время распространено использование стеклопластиковых дегазационных труб. Стеклопластиковые трубы отличаются от стальных гидравлическими характеристиками, отражающимися на термо- и гидродинамических режимах движения газозооной смеси по вакуумному газопроводу. Трубы из стеклопластика имеют более низкую шероховатость внутренней поверхности по сравнению со стальными трубами. Соответственно, снижается сопротивление трубопровода, что позволяет уменьшить потери разрежения в трубопроводе, а также снизить вероятность появления конденсатных пробок в пониженных участках. Помимо прочего, участки труб из стеклопластика имеют значительно меньшую массу по сравнению

с традиционно применяемыми материалами, что является важным фактором при переносе и монтаже трубопровода. Стеклопластиковые трубы имеют также более высокую безопасность для человека в случае взрывов метана, так как не образуют травмоопасных осколков при разрушении [8 – 9].

Таковыми же свойствами обладают материалы из базальтопластиков. При этом, базальтопластиковые волокна показывают более высокие результаты по прочностным свойствам. В работе [10] сравнение результатов механических испытаний, проведенных на эквивалентных слоях базальто- и стеклопластика, показало возможность замены стекла на базальтовый ровинг в качестве наполнителя эпоксидной матрицы. Базальтопластиковый композит показал более высокие показатели модуля Юнга — на 35—42% выше, чем стеклопластиковый композит, а также лучшие прочность на сжатие и характеристики при изгибе, тогда как для стеклопластика была обнаружена более высокая прочность на растяжение. Кроме того, наблюдались различные механизмы разрушения при изгибе: сжатие для стекловолокна и растяжение для базальтоволокна под действием изгибающей нагрузки. Прочность короткого пучка была практически одинаковой для обоих испытываемых материалов, поскольку учитывалось соотношение значений прочности короткого пучка и плотности. Таким образом, была подтверждена неплохая адгезия, не хуже, чем адгезия между стеклом и эпоксидной матрицей. Трубы из базальтовых композитов могут транспортировать агрессивные жидкости и газы. Это связано с их высокой стойкостью к агрессивным средам и устойчивостью к истиранию по сравнению со стекловолокном [7, 11, 12]. Авторы в работе [13] установили, что

предел прочности базальтопластиков выше в 2 раза по сравнению со стеклопластиком. Модуль упругости базальтопластиков выше на 20% по сравнению с композитами, наполненными стекловолокном. При этом плотность базальтопластиков ниже на 10%. Теплопроводность стеклопластиков выше на 40% чем у базальтопластиков. Из-за низкой теплопроводности базальта также уменьшается отложение солей и парафинов внутри труб.

Таким образом, применение труб из базальтопластикового материала в качестве труб системы дегазации, а также изучение их упруго-прочностных характеристик вызывает большой интерес.

Методы и материалы

Данные упруго-прочностных характеристик базальтопластика были получены из образцов труб, произведенных методом косослойной поперечно-продольной намотки (КППН) из комбинированного базальтового материала (с диаметром 315 мм), с толщинами стенок 6 и 12 мм. На рис. 1 приведена схема намотки труб методом КППН.

Преимуществами данного метода изготовления труб является равномер-

ное распределение армирующего материала по телу изделия, возможность получения труб различных диаметров.

Испытание полученных образцов на изгиб проводили согласно ГОСТ 25.604-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах» [14].

Испытания нагружением внутренним гидростатическим давлением производилось на гидравлическом стенде АЛТ 536.00 (инвентаризационный номер №0000390, аттестат №081 от 02.04.2013 года, выдан ФБУ «Алтайский ЦСМ» (Бийский отдел).

Результаты и обсуждение

В работе [15] были изучены прочностные характеристики материалов из базальто- и стеклотекстолита и получены следующие результаты: предел прочности при трехточечном изгибе составил $238,5 \pm 15$ МПа и $233,5 \pm 15$ МПа у стеклотекстолита и базальто-текстолита соответственно. Предел прочности при растяжении составил

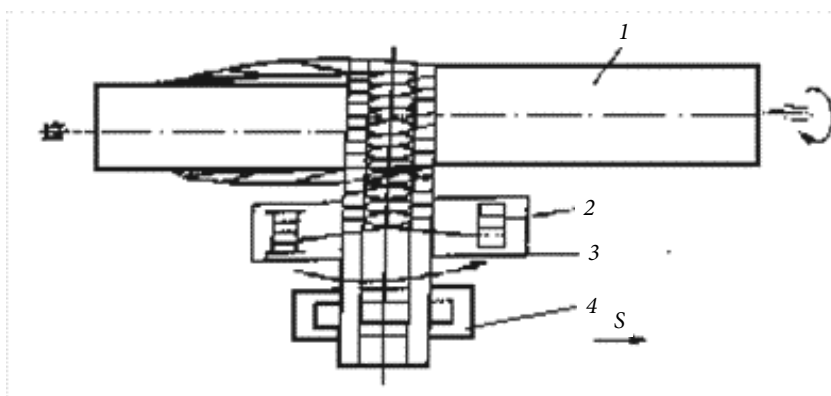


Рис. 1. Схема косослойной продольно-поперечной намотки: 1 — оправка; 2 — катушка для нитей; 3 — вертлюг для укладки осевых нитей; 4 — ванна для пропитки
 Fig. 1. Scheme of oblique longitudinal – transverse winding, where 1 — mandrel; 2 — spool for threads; 3 — swivel for laying axial threads; 4 — bath for impregnation

488,15±15 МПа у стеклотекстолитового материала и 503,05±15 МПа у базальтотекстолитов. При испытаниях на трехточечный изгиб, с учетом доверительного интервала измерений, результаты приблизительно одинаковы. Но при испытании на растяжение материалы из базальтопластиков показывают результат выше в среднем на 2,4%, чем стеклотекстолиты.

Для данного исследования были получены методом КППН 2 вида базальтопластиковых труб диаметром 315 мм — с толщиной стенки 6 и 12 мм. Полимерная матрица состоит из эпоксидной смолы (ЭД-22) — 57%, отвердителя (Изо-МТГФА) — 42%, и ускорителя (Аргидол 53) — 1%. Содержание эпоксидной матрицы в полученных трубах составила $26 \pm 2\%$. Толщина базальтового слоя составила $4,44 \pm 0,12$ мм и $8,88 \pm 0,24$ мм для труб с толщиной стенки 6 мм и 12 мм соответственно.

Для испытания на трехточечный изгиб были изготовлены по 6 образцов труб разной толщины и из различного материала. Предварительная нагрузка составила 50 Н, скорость предварительной нагрузки 10 мм/мин, скорость нагру-

жения 10 мм/мин. Расстояние между опорами для материала толщиной 6 мм составило 46 мм. Для материала толщиной 12 мм расстояние между опорами составило 57 мм. Длина и ширина образцов составила 150x10 мм.

На рис. 2 приведены результаты испытаний на трехточечный изгиб для базальтопластиковых труб с толщиной стенки 6 мм и 12 мм.

Среднее значение предела прочности образцов толщиной стенки 6 мм составил — $500 \pm 12,5$ МПа, при толщине стенки 12 мм — $438 \pm 11,0$ МПа. Полученный предел прочности при изгибе выше показателей пропиленовых труб (до 400 МПа) и равен пределу прочности стальных труб, в зависимости от марки стали (350 — 650 МПа) [16].

Следующим этапом исследования является испытания на внутреннее гидростатическое нагружение. Для этого испытания были изготовлены методом КППН 3 образца базальтопластиковых труб, длиной 1,5 метра и с толщиной стенки 5 мм.

Проведение испытаний нагружением внутренним гидростатическим давлением производилось на гидравли-

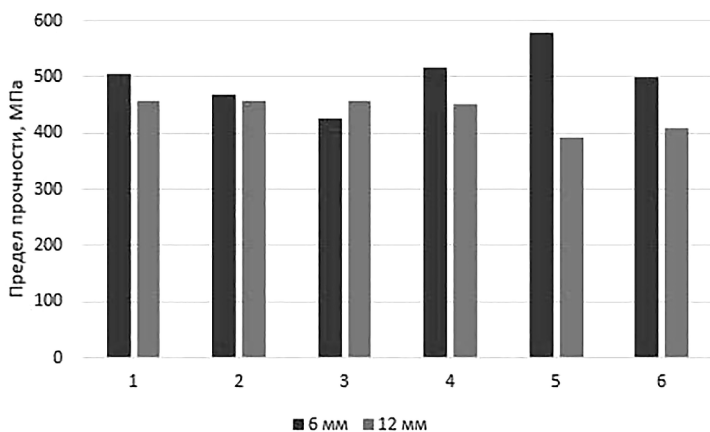


Рис. 2. Пределы прочности при статическом изгибе образцов толщиной стенки 6 и 12 мм
Fig. 2. Static bending strengths for specimens 6 and 12 mm thick

ческим стенде АЛТ 536.00, с приборной погрешностью 5% (инвентаризационный номер №0000390, аттестат №081 от 02.04.2013 года, выдан ФБУ «Алтайский ЦСМ» (Бийский отдел). На рис. 3 представлены результаты испытаний на гидростатическое нагружение и сравнение рабочего внутреннего давления с полипропиленовыми и стальными трубами диаметром 315 мм.

Для первого этапа испытания создавали пробное давление до 9,0 МПа. Затем нагружение каждого из образцов производилось ступенчато: сперва нагнетали пробное давление в 1,6 МПа, производилась выдержка при данном давлении в течение 5 минут, после чего давление сбрасывалось до нулевого значения. Далее нагружали образцы при давлении 2,5 МПа, 4,0 МПа и 6,3 МПа. В ходе испытания не было выявлено разрушения базальтопластикового слоя, не было обнаружено протечек.

В следующем этапе образцы нагружали максимально возможным давлением 9,0 МПа в течение 1 минуты. Образцы №1 и 3 выдержали данное значение давления. При проведении испытания на образце №2 при давлении

8,3 МПа разрушилась испытательная оснастка.

По данной схеме проводили испытания для комбинированной базальтопластиковой трубы с полиэтиленовой пленкой «Прален». Испытания также проводили на трех образцах с толщиной стенки 6 мм (5 мм слой базальтопластика и 1 мм слой полиэтилена). При нагрузке до 10 МПа разрушения не были выявлены, протечки отсутствовали. При максимальном нагружении, при значении давления 12 МПа, протечки и разрушения также не были выявлены.

Выводы

1. При применении полимерных композиционных материалов для системы дегазационных труб, помимо стеклопластика, особый интерес вызывает применение базальтопластикового материала. Как показал литературный анализ, базальтопластики обладают более высокими упругопрочностными показателями, чем стеклопластики.

2. Получены значения предела прочности при трёхточечном изгибе

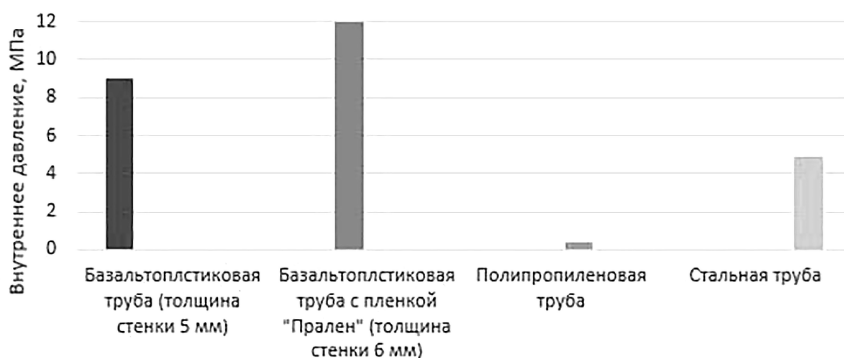


Рис. 3. Результаты испытаний на гидростатическое нагружение для комбинированных базальтопластиковых труб со сравнением с показателем рабочего внутреннего давления стальных и полипропиленовых труб диаметром 315 мм

Fig. 3. Results of hydrostatic loading tests for combined basalt-plastic pipes with a comparison with the indicator of the working internal pressure of steel and polypropylene pipes with a diameter of 315 mm

образцов из базальтопластиковой трубы при диаметре трубы 315 мм и толщиной стенок 6 и 12 мм. Значения составили $500 \pm 12,5$ МПа и $438 \pm 11,0$ МПа при толщине стенок 6 и 12 мм соответственно, что превышает значение предела прочности стальных труб (в зависимости от марки стали: сталь 10, 20, 30...) от 350 МПа до 650 МПа и значение предела прочности пропиленовых труб — 260–400 МПа.

3. Проведение испытания гидростатическим нагружением установило, что базальтопластиковые трубы обладают высокой герметичностью и прочностью. Образцы базальтопластиковых труб выдержали внутреннее давление при значении 9,0 МПа; комбинирован-

ные базальтопластиковые трубы с полиэтиленовой пленкой «Прален» не разрушались при значении 9–12 МПа.

Вклад авторов

Кычкин А. К. — генерация идеи и постановка задач исследования, получение данных для анализа.

Туисов А. Г. — генерация идеи и постановка задач исследования, получение данных для анализа и подготовка данных.

Копырин М. М. — получение данных для анализа и подготовка данных, работа по систематизации материала, написание текста статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Портола В. А., Храмцов В. И., Дружинин А. А.* Источники выделения оксида углерода в шахтах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2015. — №. 3(109). — С. 117–122.
2. *Коликов К. С., Бобнев Ю. Н.* Перспективный анализ способов дегазации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2007. — Т. 13. — №1. — С. 446–452.
3. *Орлова Н. А., Коробщикова Т. С., и Молтусов А. С.* Анализ эффективного применения стеклопластиковых труб, используемых в шахтах // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. — №31. — 2016. — С. 56–61.
4. *Коган Д. И., Чурсова Л. В., Панина Н. Н.* Полимерные композиционные материалы на основе эпоксидного связующего с ускоренным режимом отверждения для спортивной индустрии // Пластические массы. — 2019. — №3–4. — С. 39–42. DOI: 10.35164/0554–2901–2019–3–4–39–42.
5. *Dhand V., Mitta, G., Rhee K. Y., Hui D.* A short review on basalt fiber reinforced polymer composites // Composites Part B: Engineering. 2015, vol. 73, pp. 166–180. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.12.011.
6. *Субботина С. А. Шлыкова И. Д., Авдеева А. А., Одиноква Г. В., Соколова Н. В.* Виды композитных материалов: стеклопластик, углепластик, базальтопластик // Синергия наук. — 2017. — №18. — С.641–645.
7. *Егоров Д. А.* Использование труб из полимерных материалов // Евразийский научный журнал. — 2016.– №6. — С.317–328.
8. *Малашкина В. А.* Направления повышения эффективности подземной дегазации для улучшения условий труда шахтеров угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018 — № 7. — С. 69–75. DOI: 10.25018/0236–1493–2018–7-0–69–75.
9. *Малашкина В. А.* Исследование возможностей повышения эффективности подземной дегазации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — №. 9. — С.131–137. DOI: 10.25018/0236–1493–2019–09–0-131–137.

10. Lopresto V., Leone C., De Iorio I. Mechanical characterisation of basalt fibre reinforced plastic // *Composites Part B: Engineering*. 2011, vol. 42, no. 4, pp.717 – 723. DOI: 10.1016/j.compositesb.2011.01.030.

11. Militký, J., Kovačič, V., Rubnerová, J. Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers // *Engineering Fracture Mechanics* – 2002. – Vol.69(9). – С.1025 – 1033. DOI: 10.1016/s0013 – 7944(01)00119 – 9.

12. Sharma, V., Meena, M. L., Kumar, M., Patnaik, A. Mechanical and three-body abrasive wear behavior analysis of glass and basalt fiber-reinforced epoxy composites // *Polymer Composites*. 2020, vol.41(9), pp. 3717 – 3731. DOI: 10.1002/pc.25670.

13. Van de Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibres as reinforcement for composites // *Proceedings of 10th International Conference on Composites / Nano Engineering*. 2003, pp. 20 – 26.

14. ГОСТ 25.604. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах. Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 22 октября 1982 г. N 4035 (дата введения 01.01.84, изм. внесены и издано 10.10.2005). М.: Стандартинфо, 2005. – 7 с.

15. Лукачевская И. Г., Лебедев М. П., Кычкин А. К. Исследование прочностных свойств текстолита, армированного тканями с прямым переплетением пучков базальтового ровинга // *Труды VIII Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата EURASTRENCOLD–2018*. – 2018. – С. 557 – 560.

16. Перепёлкин В. П. Полипропилен, его свойства и методы переработки. – Л.: ЛДНТП, 1963. – 256 с. **МИАБ**

REFERENCES:

1. Portola V. A., Khramtsov V. I., Druzhinin A. A. Sources of carbon monoxide emission in mines. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2015, no 3(109), pp.117 – 122. [In Russ].

2. Kolikov K. S., Bobnev Y. N. Perspective analysis of degassing methods. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2007, vol. 13, no. 1, pp. 446 – 452. [In Russ].

3. Orlova N. A., Korobschikova T. S., and Moltusov A. S. Analysis of the effective use of fiberglass pipes used in mines. *Intellektualnyj potencial XXI veka: stupeni poznaniya*. 2016, no. 31, pp. 56 – 61. [In Russ].

4. Kogan D. I., Chursova L. V., Panina N. N. Polymer composite materials based on epoxy binder with an accelerated curing mode for the sports industry. *Plasticheskie massy*. 2019, no. 3 – 4, pp. 39 – 42. DOI 10.35164/0554 – 2901 – 2019 – 3–4 – 39 – 42. [In Russ].

5. Dhand, V., Mittal, G., Rhee, K. Y., Hui, D. A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. *Composites. Part B: Engineering*. 2015, vol.73, pp. 166 – 180. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.12.011.

6. Subbotina S. A., Shlykova I. D., Avdeeva A. A., Odinkova G. V., Sokolova N. V. Types of composite materials: fiberglass, carbon fiber, basalt plastic. *Sinergija nauk*. 2017, no. 18, pp. 641 – 645. [In Russ].

7. Egorov D. A. The use of pipes made of polymer materials. *Evrazijskij nauchnyj zhurnal*. 2016, no. 6, pp. 317 – 328. [In Russ].

8. Malashkina V. A. Coal mine degasification efficiency enhancement to improve working conditions of miners. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. 7, pp. 69 – 75. DOI: 10.25018/0236 – 1493 – 2018 – 7-0 – 69 – 75. [In Russ].

9. Malashkina V. A. Investigation of the possibilities of increasing the efficiency of underground degassing of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 9, pp. 131 – 137. DOI: 10.25018/0236 – 1493 – 2019 – 09 – 0-131 – 137. [In Russ].

10. Lopresto V., Leone C., De Iorio I. Mechanical characterization of basalt fiber reinforced plastic. *Composites Part B: Engineering*. 2011, .vol. 42, no. 4, pp. 717 – 723. DOI: 10.1016/j.compositesb.2011.01.030.

11. Militký, J., Kovačič, V., Rubnerová, J. Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers. *Engineering Fracture Mechanics*. 2002, vol. 69 (9), pp. 1025 – 1033. DOI: 10.1016 / s0013 – 7944 (01) 00119 – 9.

12. Sharma, V., Meena, ML, Kumar, M., Patnaik, A. Mechanical and three-body abrasive wear behavior analysis of glass and basalt fiber-reinforced epoxy composites. *Polymer Composites*. 2020, vol. 41 (9), pp. 3717 – 3731. DOI: 10.1002/pc.25670.

13. Van de Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibres as reinforcement for composites. *Proceedings of 10th International Conference on Composites / Nano Engineering*. 2003, pp. 20 – 26.

14. *Raschety i ispytaniya na prochnost'. Metody mehanicheskikh ispytaniy kompozicionnykh materialov s polimernoj matricej (kompozitov). Metod ispytaniya na izgib pri normal'noj, povyshennoj i ponizhennoj temperaturah*. GOST 25.604 – 82. [Calculations and strength tests. Methods of mechanical testing of composite materials with a polymer matrix (composites). Test method for bending at normal, elevated and deviated temperatures. State Standart 25.604 – 82]. Standartinfo Publ. 2005. 7 p. [In Russ]

15. Lukachevskaya I. G., Lebedev M. P., Kychkin A. K. *Issledovanie prochnostnykh svoystv tekstolita, armirovannogo tkanjami s prjamyj perepleteniem puchkov bazal'tovogo rovinga*. [Study of strength properties of textolite reinforced with fabrics with direct interweaving of basalt roving beams], Proceedings of the VIII Eurasian Symposium on the Problems of Strength of Materials and Machines for Cold Climate Regions EURASTRENCOLD 2018. 2018, pp. 557 – 560. [In Russ].

16. Perepyolkin V. P. *Polipropilen, ego svoystva i metody pererabotki* [Polypropylene, its properties and processing methods]. Leningrad, LDNTP Publ, 1963, 256 p. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Кычкин Анатолий Константинович*¹ – канд. техн. наук, в.н.с., <http://orcid.org/0000-0002-5276-5713>, kychkinplasma@mail.ru;

*Тусов Алексей Геннадьевич*² – канд. техн. наук, с.н.с., <http://orcid.org/0000-0002-6819-1937>, tagg@rambler.ru;

*Копырин Михаил Михайлович*² – м.н.с., <http://orcid.org/0000-0002-6018-6391>, mkopyrin91@gmail.com;

¹ ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» ИФТПС им. В. П. Ларионова СО РАН, 677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1, Россия;

² ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН», 677000, г. Якутск, ул. Петровского, д.2, Россия.

Для контактов: *Копырин М. М.*, e-mail: mkopyrin91@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Kychkin A. K.*¹, Cand. Sci. (Eng.), leading researcher, <http://orcid.org/0000-0002-5276-5713>, kychkinplasma@mail.ru;

Tuisov A. G., Cand. Sci. (Eng.), senior researcher, <http://orcid.org/0000-0002-6819-1937>, e-mail: tagg@rambler.ru

Kopyrin M. M., junior researcher, <http://orcid.org/0000-0002-6018-6391>, mkopyrin91@gmail.com;

¹ FSBIS FRC «YSC SB RAS» IPTPN named after V. P. Larionov SB RAS, 677980, Yakutsk, st. Oktyabrskaya, 1, Russia;

² FSBIS FRC «YSC SB RAS», 677000, Yakutsk, st. Petrovsky, d.2, Russia.

For contacts: *Kopyrin M. M.*, e-mail: mkopyrin91@gmail.com.

Получена редакцией 01.10.2021; получена после рецензии 28.03.2022; принята к печати 10.04.2022.

Received by the editors 01.10.2021; received after the review 28.03.2022; accepted for printing 10.04.2022.