

УДК 622.281.74 © В.П. Потапов¹, С.С. Цибаев²,
Е.Л. Счастливец¹, 2026

UDC 622.281.74 © V.P. Potapov¹, S.S. Tsibaev²,
E.L. Schastlitssev¹, 2026

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», 650000, г. Кемерово, Россия

¹ Federal Research Center for Information and Computational Technologies (FRC ICT), Kemerovo, 650000, Russian Federation

² ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

✉ e-mail: vadimptpv@gmail.com

✉ e-mail: vadimptpv@gmail.com

Сравнение систем муфта-гайка-клин (МГК) и цангового захвата при производстве канатных анкеров глубокого заложения для крепления подземных горных выработок

Comparison of the barrel-nut-wedge and the collet grip systems of deep-set cable bolts in underground mine support

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-3-99-103>

В работе рассмотрена актуальная проблема – совершенствование элементов конструкции анкерной крепи при креплении подземных горных выработок различного назначения. Представлено сопоставление элементов и применяемого оборудования конкурирующих конструкций канатных анкеров с системой Муфта-гайка-клин (МГК) и цанговым захватом, акцентируя внимание на технологичности производства и надежности в эксплуатации при креплении подземных горных выработок, а также при подвешивании и фиксации стационарного оборудования. Предложены оптимальные соотношения геометрических параметров и выбор материалов для компонентов соединения МГК, что важно для серийного изготовления крепи. Проведены сравнение и сопоставление ориентировочных экономических показателей для вариантов использования канатного анкера с соединением МГК и с цанговым зажимом, что позволило доказать экономию материальных и трудовых затрат. Обоснованы и подтверждены теоретически и практически достоинства использования МГК в составе конструкции анкерной крепи.

Ключевые слова: анкерная крепь, канатный анкер глубокого заложения, гибкий анкер, цанговый зажим, крепление подземных горных выработок, гидравлический натяжитель, узел уширения.

Для цитирования: Потапов В.П., Цибаев С.С., Счастливец Е.Л. Сравнение систем муфта-гайка-клин (МГК) и цангового захвата при производстве канатных анкеров глубокого заложения для крепления подземных горных выработок // Уголь. 2026;(3):99-103. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-99-103.

ПОТАПОВ В.П.

Доктор техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: vadimptpv@gmail.com

ЦИБАЕВ С.С.

Канд. техн. наук, доцент кафедры Разработка месторождений полезных ископаемых
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: cibaevss@kuzstu.ru

СЧАСТЛИВЦЕВ Е.Л.

Доктор техн. наук, ведущий
научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: schastlitssev@ict.sbras.ru

Abstract

The paper addresses a pressing issue, i.e. enhancing the structural elements in rock bolt support of underground mine workings of various types.

It compares the elements and equipment used in competing cable bolt designs with the barrel-nut-wedge and the collet grip systems, focusing on ease of manufacturing and operational reliability in underground mine support and when suspending and fixing stationary equipment.

The optimal ratios of geometric parameters and the choice of materials are suggested for components of the barrel-nut-wedge assemblies, which is important for the large-scale production of the cable bolts.

A comparison and correlation of tentative economic indicators was made for the options of using a cable bolt with the barrel-nut-wedge and the collet grip systems, which proved the savings in material and labor costs.

The advantages of using the barrel-nut-wedge grip system in the cable support systems have been justified and confirmed both theoretically and in practice.

Keywords

Rock bolting, deep-set cable bolt, flexible bolt, collet grip, underground mine support, hydraulic tensioner, bulbs.

For citation

Potapov V.P., Tsibaev S.S., Schastlivtsev E.L. Comparison of the barrel-nut-wedge and the collet grip systems of deep-set cable bolts in underground mine support. *Ugol*. 2026;(3): 99-103. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-99-103.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое, повсеместное использование анкерной крепи является общепризнанным фактом. Достоверно известно, что в настоящее время в угольных шахтах Кузбасса около 90% всех горных выработок закреплено анкерной крепью. Аналогичная тенденция в увеличении объемов крепления горных выработок прослеживается и в других угледобывающих регионах Российской Федерации. Кроме предприятий добывающей промышленности анкерная крепь используется в строительстве гражданских, промышленных объектов, метрополитенов, транспортных тоннелей, дорожном строительстве, энергетике и др.

Анкерная крепь по сравнению с другими видами крепей при ведении подземных горных работ уменьшает материалоемкость конструкции и позволяет использовать экономически выгодные проектные решения при креплении, усилении капитальных и подготовительных выработок, сопряжений, монтажных, демонтажных камер, подвешивания и закрепления стационарного оборудования. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике известно более 600 различных конструкций металлических, железобетонных, пластмассовых, деревянных, канатных и других разновидностей анкеров. Такое многообразие анкеров включает в своих конструкциях применение различных технических решений, открывающих бесконечное поле деятельности для их дальнейшего улучшения и совершенствования с целью снижения рисков возникновения неблагоприятных событий в условиях реального предприятия [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей работе был произведен сравнительный анализ элементов конструкций канатных анкеров для крепления подземных горных выработок и дано обоснование технологичности узлов крепления элементов анкера глубокого заложения за счет обеспечения эксплуатационной надежности для необходимой (заданной) несущей способности [10, 11].

Разновидности канатных анкеров представляют собой многоэлементную конструкцию, состоящую из закрепленного различными способами в массиве горных пород многопроволочного несущего стержня (троса, каната) с присоединенным к нему и выступающим в горную выработку хвостовиком с резьбой (см. рис. 1, а) либо закрепленным на канате цанговым зажимом (см. рис. 1, б) [12, 13].

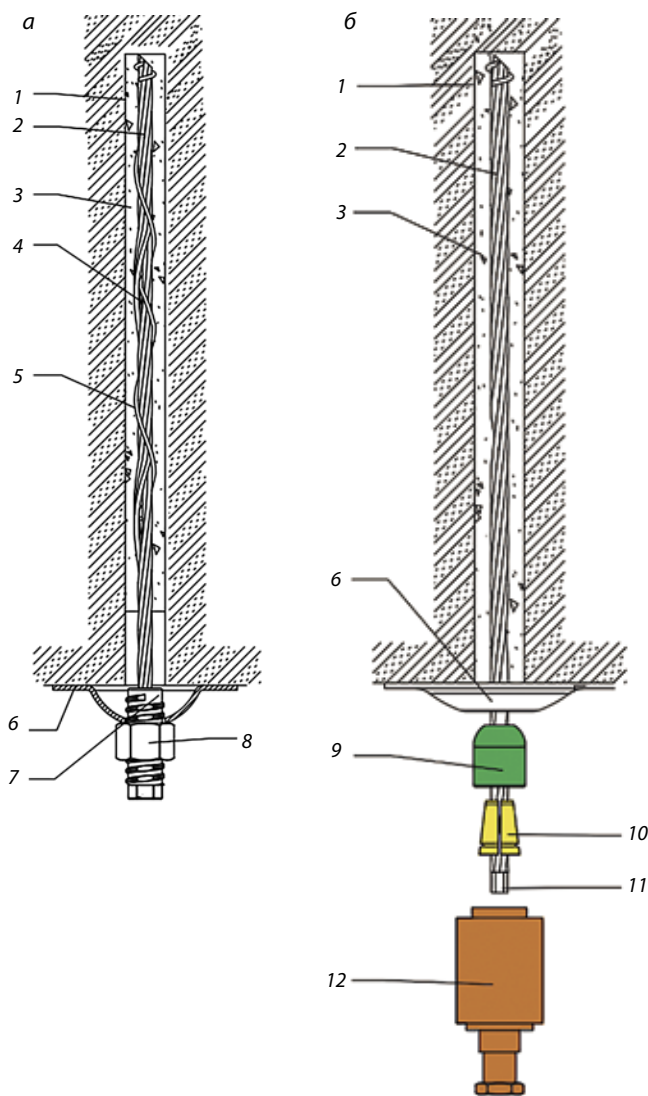


Рис. 1. Общий вид элементов конструкций канатного анкера: а – с соединительной муфтой; б – с цанговым зажимом; 1 – шпур (скважина); 2 – многопроволочный несущий стержень (канат); 3 – закрепляющая втулка; 4 – узел уширения; 5 – разрушающий шнек левой свивки; 6 – опорная шайба; 7 – муфта соединительная; 8 – гайка; 9 – муфта цанговая; 10 – цанговый зажим; 11 – шестигранный хвостовик, приваренный к канату; 12 – гидравлический натяжитель каната
Fig. 1. A general view of the cable bolt structural elements

При выполнении ряда операций по монтажу канатного анкера с хвостовиком используется буровая установка. Для канатного анкера с цанговым зажимом дополнительно используется гидравлический натяжитель каната, что увеличивает временные и трудовые затраты.

Наиболее нагруженными узлами в данных конструкциях канатных анкеров являются места соединений элементов «канат-муфта» и «канат-цанга», повреждение которых может привести к потере работоспособности крепи и развитию опасных деформаций приконтурного массива горных пород. При производстве канатных анкеров используются соединения «канат-муфта» сваркой, обжатием (опрессовкой). Сварное соединение подвержено разрыву в месте сварки.

Элементы соединения «канат-цанга» требуют прецизионной обработки поверхностей для обеспечения качественного контакта. Также развиваются режущие деформации от воздействия цанги на канат, и происходит дальнейший обрыв соединения.

Известно изобретение RU205737U1 «Гибкий анкер» для закрепления в отверстиях диаметром от 20 мм до 50 мм [14]. Данная разновидность гибкого (канатного) анкера спроектирована, проведены стендовые испытания с учетом усовершенствования недостатков в известных конструкциях канатных анкеров. Налажены массовое его производство компанией ООО «РАНК 2» и успешное использование на угольных шахтах, рис 2.

Конструкционная особенность заключается в закреплении муфты 7 гибкого анкера на канате 2 (см. рис. 2) с помощью соединительного элемента в виде втулки (клина) 10 с продольным разрезом.

Соединение муфта-гайка-клин (МГК) производится следующим образом:

- обрезается канат заданной длины;
- в муфту со стороны сужающегося торца вставляется канат;
- конец каната расплетается на незначительную длину;
- на центральную жилу каната надевается сужающимся торцом клин;
- муфта захватывается зажимом;
- к торцу каната прикладывается задавливающая продольная нагрузка;
- происходят заклинивание и закрепление элементов в соединении «канат-муфта».

Длина соединительного элемента в виде втулки с разрезом определяется по формуле:

$$l_{cs} = k \cdot d_{ст}$$

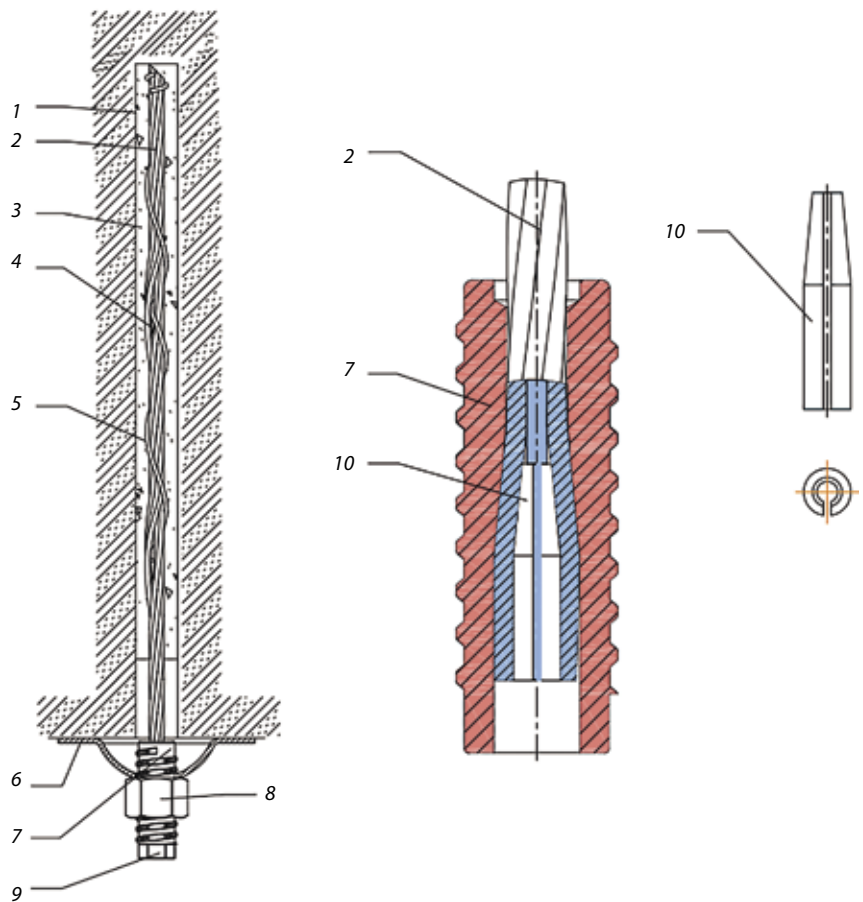


Рис. 2. Элементы конструкции канатного анкера с соединением МГК: 1 – шпур; 2 – многопроволочный несущий стержень (канат); 3 – закрепляющая втулка; 4 – узел уширения; 5 – разрушающий шнек левой свивки; 6 – опорная шайба; 7 – муфта соединительная; 8 – гайка; 9 – шестигранный хвостовик; 10 – клин

Fig. 2. Cable bolt structural elements with the barrel-nut-wedge assembly

где l_{cs} – длина соединительного элемента, мм; $d_{ст}$ – диаметр несущего стержня (каната), мм; k – коэффициент для расчета длины соединительного элемента, равный 2,5–6.

Выбор многопроволочного несущего стержня (каната) с определенным диаметром оказывает влияние на несущую способность анкера. При этом экспериментально было установлено оптимальное соотношение между размером диаметра многопроволочного несущего стержня для шпуров в выработках 20–50 мм и размером длины соединительного элемента (втулки) для соединения с муфтой. Экспериментально в лабораторных условиях установлен коэффициент k для расчета длины соединительного элемента, пределы которого составляют 2,5–6. При коэффициенте $k < 2,5$ получаемая длина соединительного элемента не позволяет соответствовать соединительному узлу заданной несущей способности для такого типа анкеров. При коэффициенте $k > 6$ получаемая длина соединительного элемента нецелесообразна для применения.

Заявленное соотношение элементов соединительного узла позволяет создать надежное закрепление муфты на канате, а также обеспечить несущую способность соединительного узла не ниже несущей способности анкера. Для закрепления анкера в шпурах 20–50 мм при длине муфты 120–140 мм коэффициент для расчета длины соединитель-

Перечень требуемых технологических операций для возведения крепи

List of required technological operations for setting up the mine support

Виды работ при возведении крепи	Канатный анкер с соединением МГК	Канатный анкер с цанговым зажимом
1. Бурение шпуров (скважин)	+	+
2. Досылка ампул с полиэфирной смолой	+	+
3. Установка анкера	+	+
4. Возведение рабочего полка	-	+
5. Установка цанги в сборе на канат	-	+
6. Установка опорной шайбы	-	+
7. Установка цангового зажима	-	+
8. Установка гидравлического натяжителя	-	+
9. Подача рабочей жидкости от насосной станции к гидравлическому натяжителю с одновременным натяжением каната и закреплением цангового зажима	-	+
10. Демонтаж гидравлического натяжителя	-	+

ного элемента k имеет пределы 3-4, при длине муфты 155-170 мм коэффициент для расчета длины соединительного элемента k имеет пределы 3,5-4,5. При длине муфты 120-140 мм диаметр муфты чаще всего превышает диаметр шпура для закрепления анкера, поэтому для более надежного закрепления используется коэффициент для расчета длины соединительного элемента $k \geq 3$, а предел $k \leq 4$ позволяет оставить свободное место внутри муфты для дополнительных элементов. При длине муфты 155-170 мм нижняя часть муфты превышает диаметр шпура для закрепления анкера, поэтому для более надежного закрепления используется коэффициент для расчета длины соединительного элемента $k \geq 3,5$, а предел $k \leq 4$ позволяет оставить свободное место внутри муфты для дополнительных элементов.

С точки зрения обеспечения несущей способности и минимальной себестоимости оптимальный вариант исполнения осевого отверстия муфты 7 имеет цилиндрическую форму отверстия, переходящую в коническую, или коническую форму отверстия, расположенную между цилиндрическими формами отверстий.

Многопроволочный несущий стержень 2 может быть выполнен из различных материалов (металлических, полимерных, композитных и т.п.). С точки зрения обеспечения несущей способности и минимальной себестоимости наиболее оптимально применение в виде многожильного каната, который может быть выполнен правой или левой свивки, в частности, семижильного стального (металлического) троса (каната).

В качестве материала клина 10 могут использоваться металлические сплавы, полимерные, композитные материалы. При проведении лабораторных сравнительных испытаний было установлено, что экономически целесообразно использование стальной втулки, изготовленной на металлорежущих станках.

При сопоставлении условных экономических показателей и временных затрат при использовании канатного анкера с соединением МГК и с цанговым зажимом воспользуемся правилом тождества эффекта. Сущность правила тождества эффекта заключается в том, что сравниваемые варианты приводят к тождеству по одному (нескольким) из признаков, в данном случае – по видам выполняемых работ при монтаже крепи (см. таблицу).

Вполне очевидно, что по показателям *таблицы*, в пункты 4-10 дополнительно добавляются временные затраты в несколько минут при монтаже на один канатный анкер с цанговым зажимом по сравнению с канатным анкером с МГК. На сегодняшний день стоимость одного комплекта изделия МГК составляет 500 руб., стоимость одного цангового зажима – от 700 руб.

Стоимость комплекта гидравлического натяжителя с маслостанцией – от 200000 руб.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МГК В КОНСТРУКЦИИ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

- Результаты сравнительного анализа элементов конструкций анкерной крепи, серия лабораторных и натурных исследований показывают, что сокращаются временные затраты вследствие монтажа работоспособного, готового функционального анкера, не требующего дополнительного специального оборудования и инструментов для установки.
- Повышается безопасность ведения горных работ вследствие снижения риска влияния человеческого фактора (сознательное уменьшение длины анкера, некачественное выполнение работ, несоблюдение регламента, брак в работе).
- При незначительном росте себестоимости значительно повышается эксплуатационная надежность.
- Простота процесса производства обеспечивает минимальные издержки благодаря небольшому количеству операций.
- Использование МГК позволяет создать технологичный анкер, эффективно использующий части конструкции, обеспечивающие эксплуатационную надежность с необходимой (заданной) несущей способностью.
- Конструкция соединительного узла МГК позволяет осуществить качественную запрессовку муфты на хвостовой части каната, предотвращая соскальзывание муфты с каната, повышая эксплуатационную надежность, безопасность, технологичность конструкции для необходимой (заданной) несущей способности,
- Наличие узлов уширения и проволочного шнека предотвращает быстрое стекание закрепляющего состава по кольцевому зазору между стенкой отверстия и ка-

натом, способствует равномерному перемешиванию и уплотнению материала в закрепляющей втулке.

- Наличие в конструкции анкера направляющей трубки, охватывающей канат и соединенной с верхней частью муфты, предотвращающей изгиб, облегчает установку анкера и, соответственно, улучшает качество перемешивания закрепляющего состава.
- Снижение риска влияния режущих деформаций в конструкции узла МГК на канат, приводящих к повреждению и дальнейшему его обрыву.
- Установлено оптимальное соотношение параметров элементов соединительного узла МГК.
- Соединение МГК является разновидностью клинового зажима, используемого в такелажных механизмах, уступающего по надежности только вантовому соединению [15].
- Резьбовая затяжка анкера является более надежной по сравнению с цанговым зажимом, при использовании которого возможно самопроизвольное «рассухаривание» и ослабление под воздействием динамических нагрузок (вибрации при подвешивании МПД, БВР и т.д.).

Список литературы • References

1. Голавинский В.Н., Ломакин А.Ю., Карасев В.А. Опытное-конструкторское внедрение (ОПИ) активных и комбинированных (пассивных) типов крепления на участках развития опорного давления в горных выработках АО «ТНК «Казхром» // Уголь. 2025;(6):62-68. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-62-68.
Golavinskiy V.N., Lomakin A.Yu., Karasev V.A. Pilot implementation of active and combined (passive) types of rock support in the bearing pressure areas in mine workings of TNC Kazchrome JSC. *Ugol'*. 2025;(6):62-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-62-68.
2. ГОСТ 31559 – 2012. Крепи анкерные. Общие технические условия.
3. Еременко В.А. Разработка и обоснование параметров системы анкерного крепления междукамерного целика большого сечения и протяженности // Горный журнал. 2020;(1):67-72.
Yeremenko V.A. Rock bolting design and justification for rib pillars of large cross-section and extension. *Gornyj zhurnal*. 2020;(1):67-72. (In Russ.).
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». М., 2021.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». М., 2021.
6. Повышение эффективности анкерного крепления горных выработок путем применения «активных» методов управления состоянием массива горных пород / Е.А. Разумов, С.И. Калинин, В.Г. Венгер и др. // Горный журнал. 2021;(1):27-30.
Razumov E.A., Kalinin S.I., Wenger V.G. et al. Enhancement of rock bolt performance through “active” ground control. *Gornyj zhurnal*. 2021;(1):27-30. (In Russ.).
7. Нестандартные способы крепления конвейерного транспорта / И.В. Стампольский, А.Н. Ходосевич, В.А. Самматов и др. // Уголь. 2025;(11):71-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-11-71-75.
Stampolskij I.V., Khodosevich A.N., Sammatov V.A., Lomakin A.Yu., Karasev V.A. Non-standard methods of fastening conveyor transport. *Ugol'*. 2025;(11):71-75. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-11-71-75.
8. Самматов В.А. Карасев В.А. Технологические решения, повышающие устойчивость крепления горных пород // Уголь 2025;(5): 22-26. <https://ugolinfo.ru/Jour/052025.pdf>.
Sammatov V.A., Karasev V.A. Technological solutions that enhance rock stability. *Ugol'*. 2025;(5):22-26. <https://ugolinfo.ru/Jour/052025.pdf>. (In Russ.).
9. Федянин А.С. Стратегия организации контроля и управления технико-производственными рисками горнодобывающих предприятий // Горный журнал. 2022;(1):11-15.
Fedyanin A.S. Production and technical risk assessment and management strategy in the mining industry. *Gornyj zhurnal*. 2022;(1):11-15. (In Russ.).
10. Charlie C. Li. Principles of rockbolting design. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2017;(9):396-414.
11. Hoek E., Kaiser P.K., Bawden W.F. Support of Underground Excavations in Hard Rock. AA Balkema, Rotterdam, 1995, 225 p.
12. D. Jean Hutchinson, Mark S. Diederichs. Cablebolting in underground mines. Published by BiTech Publishers Ltd, 1996, 406 p.
13. Копейкин И.С., Лягов А.В., Исмаков Р.А. Особенности работы цанговых механизмов в пакерных системах при повторных посадках в скважине // Нефтегазовое дело. 2021;19(6):174-183.
Kopeikin I.S., Lyagov A.V., Ismakov R.A. Operation features of collet mechanisms in packer systems during repeated landing in a well. *Neftegazovoe delo*. 2021;19(6):174-183. (In Russ.).
14. Патент на полезную модель № RU205737U1 Российская Федерация. Гибкий анкер / Ф.А. Анисимов / Патентообладатель Анисимов Федор Александрович. 2020132098; заявл. 28.09.2020, опубл. 04.08.2021 Бюл. № 22.
15. Создание заделок канатной штанги, выполненных в виде вантового соединения // В.Н. Ивановский, А.А. Сабиров, А.В. Деговцов и др. // Территория «Нефтегаз». 2019;(7-8):50-55.
Ivanovskiy V.N., Sabirov A.A., Degovtsov A.V. et al. The creation of the rope rod clamp made in the form of a cable-stayed connection. *Territoriya Neftegaz*. 2019;(7-8):50-55. (In Russ.).

Authors Information

Potapov V.P. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Research Center for Information and Computational Technologies (FRC ICT), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: vadimptpv@gmail.com

Tsibaev S.S. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Mineral Deposits Development, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: cibaevss@kuzstu.ru

Stchastlivtsev E.L. – Doctor of Engineering Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center for Information and Computational Technologies (FRC ICT), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.02.2026

Поступила после рецензирования: 17.02.2026

Принята к публикации: 27.02.2026

Paper info

Received February 3, 2026

Reviewed February 17, 2026

Accepted February 27, 2026