

УДК 622.2

Грунской Т.В., заведующий кафедрой ХХТЭиТБ
Михеевский Е.В., старший преподаватель
Ухтинский государственный технический университет

T.V. Grunskoy, Head of the Department of Chemical Engineering and
Safety

E.V. Mikheevsky, Senior Lecturer
Ukhta State Technical University

ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НЕФТЕШАХТ В ПОРОДАХ, СКЛОНОВЫХ К ПУЧЕНИЮ

MAINTENANCE OF OIL MINE WORKINGS IN ROCKS PRONE TO HEAVING

Горные выработки в условиях нефтешахт проводятся, как правило, в аргиллит-алевролитовых породах и нефтенасыщенных песчаниках, которые склонны к пучению. Все породы месторождения в различной степени трещиноваты.

Пучение горных пород представляет собой разновидность деформаций вмещающих пород в выработках, которые практически обнаруживаются как естественный процесс значительного уменьшения поперечного сечения выработок с нарушением крепи и шахтных путей, происходящий, в основном, за счет пород почвы.

Пучение вследствие набухаемости является результатом действия внутренних сил в горных породах и растёт с увеличением влажности горных пород и содержанием в них фракций тонких глинистых частиц. При выдавливании пород почвы из-под целиков, играющих роль штампов, пучение тем больше, чем слабее породы почв по сравнению с породами в боках и кровле выработки. При незначительной разнице прочностных свойств пород кровли, боков и почвы происходит их деформирование по всему периметру выработки. Характер и величина смещений пород в этом случае зависит от соотношения возникающих напряжений и прочности вмещающих пород. При напряжениях на контуре выработки, не превышающих предел длительной прочности окружающих пород, имеют место упруговязкие деформации. Если напряжения на контуре достигают величины, большей предела длительной прочности, но меньшей мгновенной прочности породы, смещение пород является следствием упруговязких деформаций и увеличения объёма вследствие длительного разрушения. При превышении напряжений на породном контуре мгновенной прочности происходит разрушение горных пород вслед за

проведением выработки.

Поэтому проблема эффективного крепления и поддержания выработок, пройденных в породах, склонных к пучению, связана с решением вопросов повышения устойчивости породных обнажений выработки, подбора конструкции крепи и снижения напряженного состояния массива.

Одной из мер, направленных на уменьшение пучения почвы в подготовительных выработках, является сохранение естественной прочности слагающих ее пород. Поскольку прочность пород значительно уменьшается под действием пара и воды, необходимо предотвратить ее доступ к породам почвы горной выработки. Для предотвращения доступа воды к породам могут быть использованы полимерные материалы и смолы, которые широко применяются для создания фильтрационных завес и снижения притока воды в выработки.

Предлагаемые мероприятия, связанные с повышением устойчивости породного массива вокруг выработки. Мероприятия по упрочнению пород вокруг выработок путем нагнетания в них растворов или смол являются эффективным средством повышения устойчивости пород, снижения смещений и нагрузок на крепь, а следовательно, обеспечения возможности применения более легкой крепи и повышения темпов сооружения выработки.

В данной статье описаны подход к выбору оптимальной конструкции крепи для выработок с пучащей почвой. Проведено сравнение показателей предлагаемых мероприятий с текущими работами по ремонту выработок с неудовлетворительным состоянием (перекрепление выработок и канавок, поддирка почвы и пр.).

Выбор типа крепления участков горных выработок, подверженных пучению почвы

Осложнения поддержания горных выработок в рабочем состоянии, вызванные пучением пород почвы выработок, ставят задачу изучения данной темы со стороны выбора подходящего типа крепления.

Поддержание горных выработок с пучащими породами почвы возможно путем подбора и замены стандартной крепи КМП-А3 на варианты исполнения крепей, способных воспринимать смещения почвы выработок.

В такой крепи предусматривается наличие элементов, способных воспринимать нагрузку со стороны почвы выработки. При этом крепь должна сохранять целостность конструкции (не разрушаться) и иметь рабочие характеристики, обеспечивающие поддержание выработки в рабочем состоянии.

Кольцевые крепи и крепи с обратным сводом необходимо применять в долгосрочных выработках со смещениями боковых пород по всему периметру выработок. Такой тип крепи горных выработок позволяет обеспечить безремонтное поддержание выработок на весь срок эксплуатации по

сравнению с применяемыми на шахтах крепями.

В качестве основного материала предлагаемых для применения на Ярегских нефтешахтах и представленных ниже типов крепей горных выработок используется специальный взаимозаменяемый профиль (СВП) изготавливаемый по ГОСТ 18662-83 «Профили горячекатаные СВП для крепи горных выработок» [1].

Для придания необходимой формы и прокатки пригодных для повторного использования спецпрофилей своими силами, на нефтешахтах используется гибочная машина, при помощи которой могут изготавливаться недостающие элементы предлагаемых крепей из существующего сортамента.

Выбор типа крепи осуществляется в зависимости от категории устойчивости пород и способа проведения выработки [2].

В таблице 1 приведена характеристика металлических податливых крепей, имеющих перспективное значение для использования в капитальных горных выработках нефтяных шахт со сложными горногеологическими условиями.

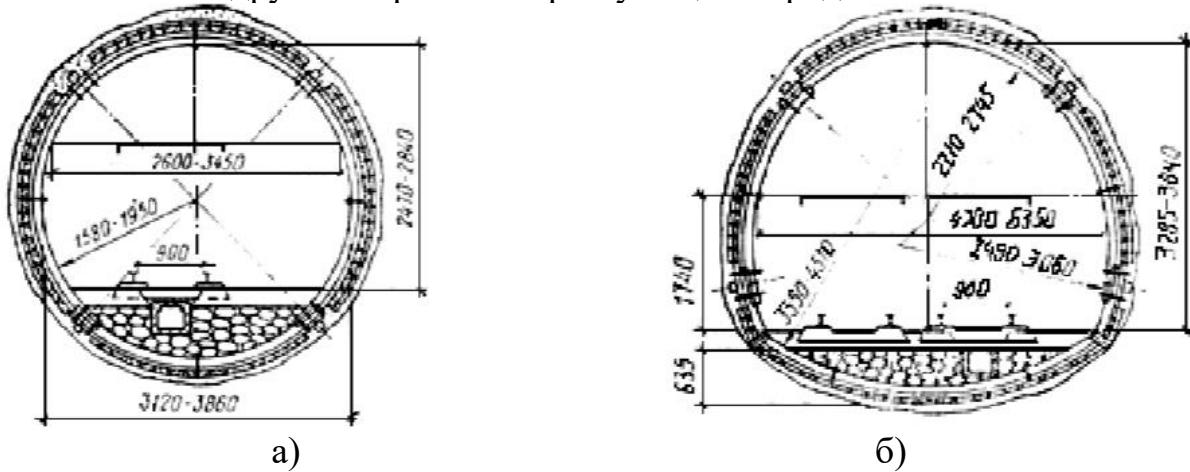
Применение кольцевой формы крепи (рисунок 1 а) целесообразно в выработках с небольшим поперечным сечением (как правило, это выработки с сечением не более 10 м^2), поскольку затраты на устройство обратного свода при малом сечении не превышают затрат на подрывку пород почвы в случае применения арочной незамкнутой крепи. Кольцо составляется из четырех сегментов, соединенных внахлестку.

Таблица 1 – Характеристика крепей, применяемых в сложных горногеологических условиях

№ п/п	Тип крепи	Площадь сечения свету, м^2	Несущая способность, $\text{kH}/\text{м}^2$	Конструктивная податливость, мм
1	Металлическая кольцевая податливая крепь из спецпрофиля СВП-27	6,5–9,2	200 кН на раму	350
2	Металлическая замкнутая податливая крепь с расположенным обратным сводом	12,4–17,9	200 кН на раму	400
3	Податливая крепь с пониженным обратным сводом (КПОС)	6–18	150–200 кН на раму	400

Для сечений больших размеров разработана конструкция замкнутой податливой крепи с расположенным обратным сводом (рисунок 1 б), что позволяет существенно уменьшить сечение выработки в проходке и снизить стоимость ее проведения.

Крепь состоит из шести элементов. Затяжка железобетонная: в кровле укладывается всплошную, в почве – вразбежку. Крепь предназначена для капитальных и других выработок при пучащих породах почвы.

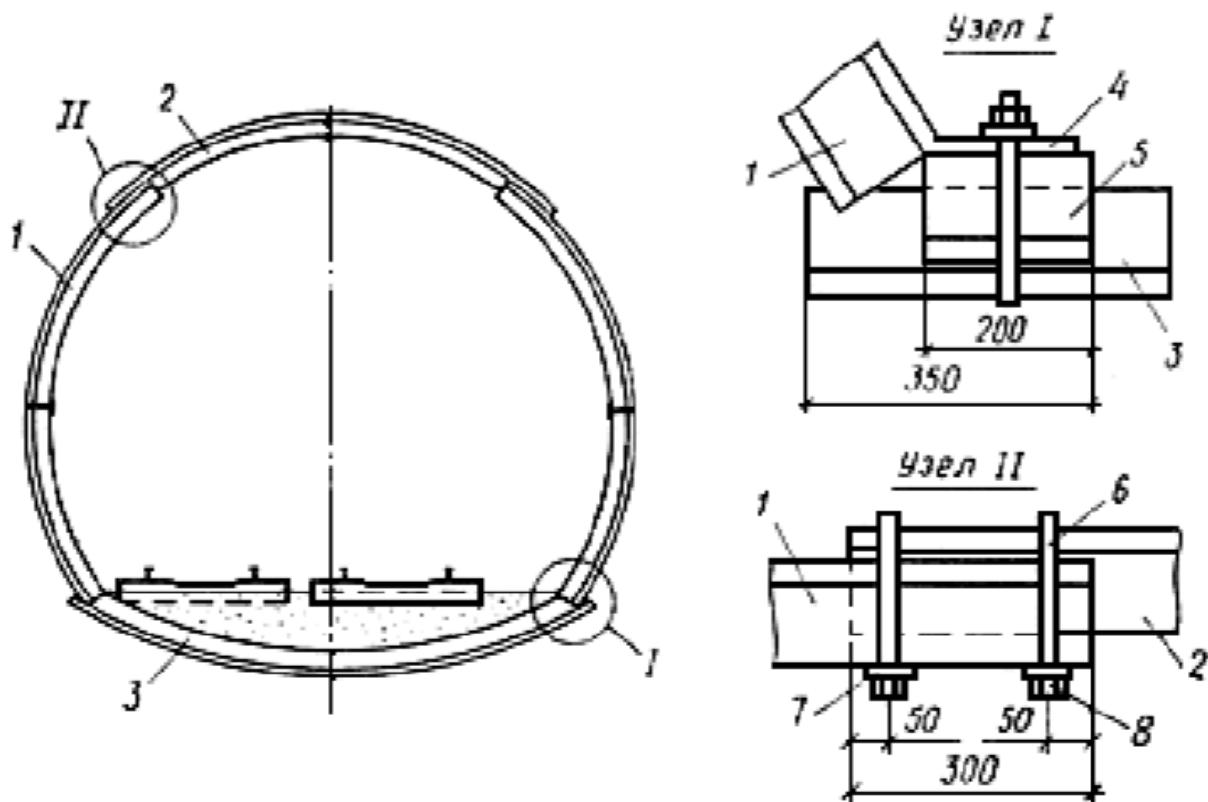


а – кольцевая; б – с расположенным обратным сводом

Рисунок 1 – Крепь металлическая податливая

Податливую крепь с пониженным обратным сводом (рисунок 2) следует применять для крепления горных выработок при пологом (до 18°) залегании пород, при наличии всестороннего давления, когда ожидаемое смещение со стороны почвы выработки не более 400 мм.

Крепь состоит из двух взаимозаменяемых стоек 1, верхняка 2 с одинаковыми радиусами кривизны и криволинейного лежня 3, изготовленных из специального взаимозаменяемого профиля. Узел соединения стоек с лежнем выполняет одновременно функции шарнира и узла податливости. К концу стойки 1 с помощью металлической полосы 4 крепится выполненная из спецпрофиля скользящая накладка 5 (рисунок 2, узел I). Соединение элементов крепи производится скобами 6, планками 7 и гайками 8 (рисунок 2, узел II).



1 – стойка; 2 – верхняк; 3 – лежень; 4 – полка; 5 – накладка; 6 – скоба; 7 – планка; 8 – гайка

Рисунок 2 – Конструкция крепи КПОС

Конструкция крепи позволяет производить выемку породы из обратного свода породопогрузочной машиной, что значительно снижает трудоемкость сооружения обратного свода по сравнению с четырехзвенной податливой кольцевой крепью. Кроме того, возможна механизация возведения крепи с помощью самоходных крепеукладчиков.

Крепь имеет несущую способность, аналогичную рамной крепи из спецпрофиля. 5

На сегодняшний день силами ООО «Металло-Механический Завод» (г. Прокопьевск, Кемеровская область) выполняется крепь металлическая податливая арочная с обратным сводом ОС. Общий вид изготовления крепи представлен на рисунке 3. Данная крепь с обратным сводом устанавливается в выработках для предотвращения обрушения и вспучивания в слабых неустойчивых породах и окружающего массива, и сохранения необходимых размеров выработки.

По конструктивному исполнению крепь схожа конструкцией КПОС, с незначительной модернизацией узла податливости в местах соединения стоек со сборным лежнем крепи. Крепь предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 30 градусов) выработок, проводимых по породам различной крепости и устойчивости и эксплуатируемых как вне зон, так и

в зонах очистных работ при вертикальных смещениях породного массива не более 400 мм.

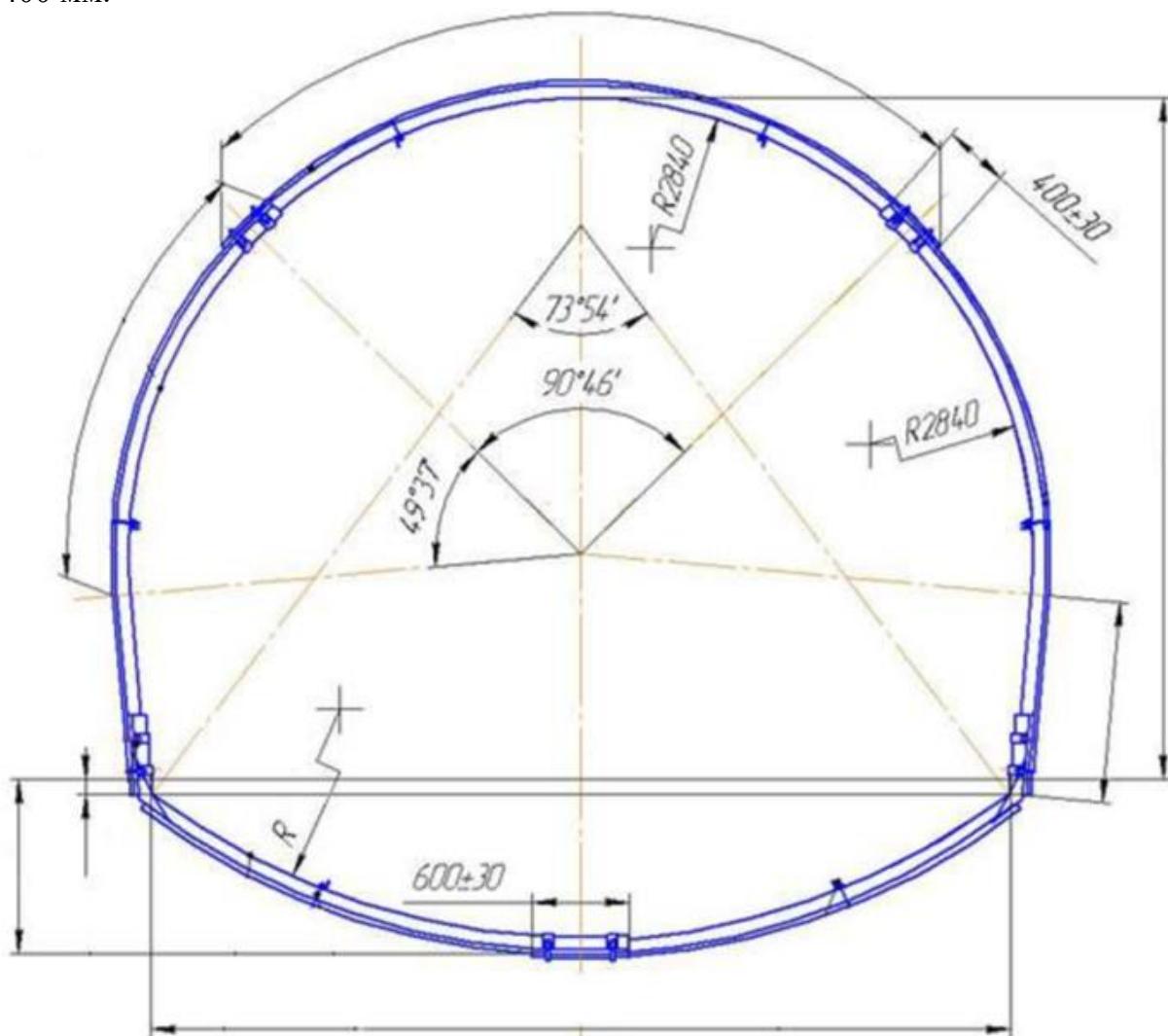


Рисунок 3 – Конструкция крепи ОС с обратным сводом производства ООО «ММЗ»

Материал изготовления крепи – специальный взаимозаменяемый профиль (СВП). Технические характеристики изготовления крепи представлены в таблице 2.

Данный предлагаемый вариант крепления позволит исключить негативные факторы пучения почвы горных выработок на нефтяных шахтах, вызванные присутствием влаги и водных растворов в породах и прочими горно-технологическими нарушениями, и, как следствие, позволит снизить объемы работ и материалов при последующем поддержании выработок в рабочем состоянии. Крепь имеет ряд необходимых типоразмеров, что дает возможность её применения в горных выработках нефтяных шахт со сложными горно-геологическими условиями.

При креплении выработок крепью с обратным сводом ОС незначительно увеличивается сечение выработки в проходке, за счет придания

почве выработки формы обратного свода, в след за ним возрастает количество затрачиваемого ВВ на проходческий цикл, буримых шпурков, трудозатрат на возведение рамы крепи и др.

Сравнение показателей существующего на шахтах и предлагаемого в качестве замены вариантов возведения крепи горных выработок с пучащей почвой.

Таблица 2 – Технические характеристики крепи ОС

Наименование показателя	Значение показателя для модернизированных крепей сечением в свету до осадки S10, м ² , изготовленных из проката СВП или аналогичному ему проката, массой А*, кг/м									
	ОС-2УР		ОС-1УР		ОС-1К		ОС-2К		ОС-1У	
	27	33	27	33	27	33	27	33	27	33
Ширина по низу, мм	5450									
Высота, мм	940	940	800	800	1526	1526	1450	1450	900	900
Конструктивная податливость, мм, не менее: – вертикальная – горизонтальная	100		100 200		100					–
Несущая способность, кН/раму, не менее	79	89	79	89	173	173	173	173	79	89
Сопротивление, кН/раму, не менее	59	67	59	67	130	130	130	130	59	67
Нестабильность работы в податливом режиме, %, не более	±10									
Гарантийный срок эксплуатации, лет	3									

Достоинства и недостатки существующей и предлагаемых крепей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Достоинства и недостатки существующей и предлагаемых крепей

Существующая крепь КМП-А3	
Достоинства	Недостатки
Наличие специальной гибочной машины МГ-27СВП-РВ для придания необходимой формы и прокатки пригодных для повторного использования спецпрофилей своими силами	Отсутствие податливости со стороны почвы выработки
Относительно низкая стоимость возведения, которая составляет 53 637 тыс. руб.	

<p>Снижение стоимости проходки горных выработок, за снижения: расхода ВВ (23 кг) и количества электродетонаторов на один цикл (30 шт.), сечения в проходке (12,7 м²) и расхода материалов (100 %)</p> <p>Скорость проходки выше, по сравнению с кольцевой и КПОС крепями (26,3 м/мес)</p> <p>Применение в выработках с сечением больших размеров и при пологом (до 18⁰) залегании пород</p> <p>Применение в наклонных горных выработках (до 30⁰)</p>	
<p>Крепь металлическая податливая кольцевая</p>	
Достоинства	Недостатки
Наличие специальной гибочной машины МГ-27СВП-РВ для придания необходимой формы и прокатки пригодных для повторного использования спецпрофилей своими силами	Повышение стоимости проходки горных выработок, в связи с увеличением: расхода ВВ (35 кг) и количества электродетонаторов на один цикл (42 шт.), сечения в проходке (14,6 м ²) и расхода материалов (160 %)
Способность воспринимать нагрузку со стороны почвы выработки	Конструктивная податливость составляет 350 мм, ниже на 50 мм в сравнении с КПОС
Отсутствие необходимости в применении нового материала для возведения крепи	
Возможность применения в сложных горногеологических условиях	Уменьшение скорости проведения выработки (18,8 м/мес)
Применение в выработках с сечением больших размеров и при пологом (до 18 ⁰) залегании пород	
Применение в наклонных горных выработках (до 30 ⁰)	
КПОС (крепь ОС ООО «ММЗ»)	
Достоинства	Недостатки
Наличие специальной гибочной машины МГ-27СВП-РВ для придания необходимой формы и прокатки пригодных для повторного использования спецпрофилей своими силами	Повышение стоимости проходки горных выработок, в связи с увеличением: расхода ВВ (148 %) и количества электродетонаторов на один цикл (41 шт.), сечения в проходке (14,4 м ²) и расхода материалов (148 %)
Способность воспринимать нагрузку со стороны почвы выработки	
Отсутствие необходимости в применении нового материала для возведения крепи	
Возможность применения в сложных горногеологических условиях	
Применение в выработках с сечением больших размеров и при пологом (до 18 ⁰) залегании пород	

Применение в наклонных горных выработках (до 30°)	
Конструктивная податливость выше на 50 мм, в сравнении с кольцево	
Высокая податливость 400 мм	
Сечение в проходке ниже, чем у кольцевой крепи	
Снижение трудоемкости сооружения обратного свода (за счет возможности производить выемку породы из обратного свода породопогрузочной машиной)	Уменьшение скорости проведения выработки (19,4 м/мес)

В качестве усиленной крепи для поддержания выработок с пучашей почвой рекомендованы следующие типы крепей: металлическая кольцевая податливая крепь из спецпрофиля СВП-27; металлическая замкнутая податливая крепь с выпущенным обратным сводом; податливая крепь с обратным сводом (КПОС).

Список литературы

1. «Типовые сечения горных выработок НШПП «Яреганефть» / Отчет о НИР (промежуточный, этап 2). – Пермь, Фонды «ГИ УрО РАН», 2021 г.
2. ГОСТ 18662-83. Профили горячекатаные СВП для крепи горных выработок (с Изменением № 1): межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта СССР от 13 апреля 1983 г. № 1756 : дата введения 1985-01-01 / разработан и внесен Министерством черной металлургии СССР. – Москва : Стандартинформ, 2012 г.
3. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. – Москва : Стройиздат, 1983 г.
4. Фомин А. И., Грунской Т.В. Аргументация неприменимости в условиях термошахтной добычи нефти деревянной крепи // Сборник статей XX XX Международной научно-практической конференции. Кемерово. 2025. – С. 114.1-114.5.
5. Фомин А.И., Грунской Т.В. Разработка составов для комплексного метода изоляции полевых штреков для нормализации температуры рудничной атмосферы нефтешахт // Сборник статей XVII Международной научной конференции. Кемерово. – 2024. С. 124-128.
6. Фомин А.И., Грунской Т.В. Исследование составов для изоляции горных выработок нефтешахт от прорывов пара в полевые штреки // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития Европейского Севера – 2024». Ухта: Издательство УГТУ. – 2024. С. 92-95.

References

1. «Typical Cross-Sections of Mine Workings at the Yareganeft Mining and Processing Plant» / Research Report (Interim, Stage 2). – Perm, GI UB RAS Funds, 2021.
2. GOST 18662-83. Hot-Rolled Sections for Mine Workings Support (with Amendment No. 1): Interstate Standard: Official Edition: Approved and Put into Effect by Resolution of the USSR State Standard No. 1756 of April 13, 1983: Effective Date: 01/01/1985 / Developed and Submitted by the USSR Ministry of Ferrous Metallurgy. – Moscow: Standartinform, 2012.
3. Guide to the Design of Underground Mine Workings and Support Calculation. – Moscow: Stroyizdat, 1983.
4. Fomin A. I., Grunskoy T. V. Argumentation for the Inapplicability of Wooden Supporting Materials in Thermal Mine Oil Production // Collection of Articles from the XX International Scientific and Practical Conference. Kemerovo. 2025. – Pp. 114.1-114.5.
5. Fomin A. I., Grunskoy T. V. Development of Compositions for an Integrated Method of Insulating Field Roadways to Normalize the Temperature of the Mine Atmosphere in Oil Mines // Collection of Articles from the XVII International Scientific Conference. Kemerovo. – 2024. Pp. 124-128.
6. Fomin A. I., Grunskoy T. V. Study of compositions for insulation of oil mine workings from steam breakthroughs into field adits // Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference "Modern problems of development of the European North - 2024". Ukhta: USTU Publishing House. - 2024. Pp. 92-95.