УДК 622.271

Федорин Валерий Александрович, главный научный сотрудник, д.т.н.
(ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово)
Fedorin Valery Alexandrovich, Chief Researcher, Dr. Sci. (Eng.)
(FRC CCC SB RAS, Kemerovo)
Анфёров Борис Алексеевич, ведущий научный сотрудник, к.т.н.
(ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово)
Anfyorov Boris Alekceevich, Leading Researcher, Cand. Sci. (Eng.)
(FRC CCC SB RAS, Kemerovo)
Кузнецова Людмила Васильевна, ведущий научный сотрудник, к.т.н.
(ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово)
Kuznetsova Lyudmila Vasilievna, Leading Researcher, Cand. Sci. (Eng.)
(FRC CCC SB RAS, Kemerovo)

ГЕОТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПРИКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ УГОЛЬНОГО КАРЬЕРА САМОХОДНЫМ ГОРНО-ШАХТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

GEOTESHNOLOGIES FOR DEVELOPMENT NEAR-CONTOUR RESERVES AT AN OPEN-PIT COAL MINE USING SELF-PROPELLED MINING EQUIPMENT

Аннотация. С целью повышения эффективности и безопасности выемки приконтурных запасов угольного карьера разработаны технологические схемы открыто-подземной добычи с применением самоходных средств механизации: комбайн фронтального действия, самоходный вагон, крепеустановщик, гидрофицированная шагающая крепь.

Abstract. To enhance the efficiency and safety of extracting coal reserves along the pit perimeter, operational schemes for combined surface and underground mining have been developed, utilizing self-propelled mechanized equipment: a front-cutting continuous miner, a shuttle car, afastener installe , and hydraulic walking supports.

Комплексное освоение месторождения предусматривает наиболее полное извлечение полезного ископаемого. Однако, после окончания ведения открытых горных работ в недрах всегда остаются объемы угля в непосредственной близости от предельных (конечных) откосов бортов и в барьерных целиках. Их выемка традиционным открытым способом экономически нецелесообразна из-за необходимости перемещать большие объемы пустых пород для расширения карьера. Эти приконтурные запасы являются для открытых горных работ трудноизвлекаемыми [1, 2]. В России вопросы разработки технологий для трудноизвлекаемых полезных ископаемых, включая уголь, регулируются Законом «О недрах» [3]. В частности, в нём закреплены правила разработки таких технологий и подготовки соответствующей проектной документации.

Основной причиной произошедших аварий на угольных шахтах является человеческий фактор [4]. Проведенный анализ производственного травматизма в угольной промышленности (по официальным статистическим данные Федеральной службы по труду и занятости за 2020-2024 гг.) показал, что основными причинами являются – неудовлетворительная организация производства работ и нарушение технологического процесса (табл.).

Таблица. Сведения о причинах несчастных случаев с тяжелыми последствиями в угледобывающей отрасли в период с 2020 по 2024 г [4].

№ п/п	Вид (тип) НС	Количество НС				
		2020	2021	2022	2023	2024
1.	Конструктивные недостатки и недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования	1	1	2	2	5
2.	Несовершенство технологического процесса	1	4	2	7	6
3.	Эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования	3	2	2	2	1
4.	Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории	1	3	4	6	2
5.	Нарушение технологического процесса	4	15	5	21	19
6.	Нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств	2	2	6	0	2
7.	Нарушение правил дорожного движения	2	3	6	3	4
8.	Неудовлетворительная организация производства работ	34	28	29	26	26
9.	Неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест	0	2	3	3	1
10.	Недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда	0	4	0	1	2
11.	Неприменение работником средств индивидуальной защиты	0	1	0	1	2
12.	Неприменение средств коллективной защиты	1	0	0	0	0
13.	Нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда	4	5	4	5	2
14.	Использование пострадавшего не по специальности	0	0	1	0	2
15.	Прочие причины, квалифицированные по материалам расследования несчастных случаев	13	10	11	15	14

Таким образом, разработка геотехнологий выемки приконтурных запасов обеспечивающих снижение потерь угля в недрах и повышение безопасности ведения горных работ являются актуальными научными задачами.

Для освоения таких запасов в Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН разрабатываются технологические схемы открыто-подземной разработки пологого угольного пласта с использованием самоходных средств механизации, работающих в ручном или дистанционном режиме управления [5-7].

В технологической схеме, представленной на рис. 1, по завершении открытых горных работ на угольном карьере комбайном фронтального действия и самоходным вагоном с рабочей площадки, сооруженной на уступе рабочего борта карьера, проводят выемочную камеру по линии падения пласта на длину, определяемую горно-геологическими условиями [5]. При этом отбитый уголь комбайн грузит в самоходный вагон, который транспортирует его на рабочую площадку, где выгружает на временный склад или в перегружатель. Начиная от дальней границы выемочной камеры, тем же оборудованием ведут выемку угля в диагональных заходках, располагая их в шахматном порядке по обеим сторонам выемочной камеры и ориентируя под углом 130…140 градусов, измеренным от устья выемочной камеры.

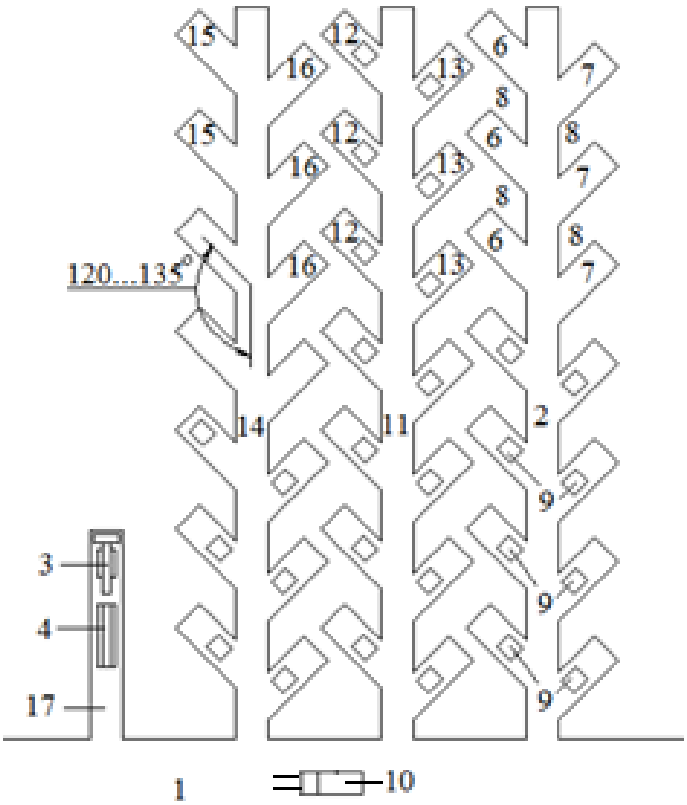

Рисунок 1 – Схема вскрытия, подготовки и порядка отработки пологого угольного пласта в приконтурной зоне карьера (разработка пологого угольного пласта с использованием индивидуальной крепи и крепеустановщика):
1 – рабочая площадка; 2, 11, 14, 17 – первая, вторая, третья, четвертая выемочная камера, соответственно; 3 – комбайн фронтального действия; 4 – самоходный вагон; 6, 7, 12, 13, 15, 16 – диагональная заходка; 8 – целик между диагональными заходками одной стороны; 9 – индивидуальная крепь; 10 – крепеустановщик.

После выхода комбайна и самоходного вагона на рабочую площадку в устьях всех диагональных заходок, начиная от самой дальней, крепеустановщиком устанавливают индивидуальную крепь, создавая ее распор между кровлей и почвой пласта.

Затем аналогичным образом проводят вторую выемочную камеру, располагая ее устье на расстоянии в три-четыре раза больше ширины выемочной камеры от первой и третью.

По окончании выемки угля в диагональных заходках третьей выемочной камеры установку индивидуальных крепей начинают не с дальней заходки, а с ближней. Для этого крепеустановщиком разгружают индивидуальную крепь, установленную в устье дальней диагональной заходки первой выемочной камеры, вывозят ее из первой выемочной камеры на рабочую площадку, по которой доставляют в устье ближней диагональной заходки третьей выемочной камеры, где распирают между кровлей и почвой пласта. И так далее.

Проведение четвертой и последующих выемочных камер осуществляют в соответствии с креплением устьев диагональных заходок в предыдущей выемочной камере: скорость проведения выемочной камеры должна быть не выше скорости установки индивидуальных крепей.

Осуществление данной технологической схемы возможно в режиме дистанционного управления всеми самоходными средствами механизации: комбайном, самоходным вагоном, крепеустановщиком, что обеспечит выполнение работ без присутствия обслуживающего персонала в самой опасной зоне при проведении выемочных камер и выемке угля в диагональных заходках, однако требует создания нового оборудования, в частности, индивидуальной крепи и крепеустановщика.

В следующей технологической схеме (рис. 2) комбайном фронтального действия, работающим в паре с самоходным вагоном, сначала проводят пластовую выработку, которой ограничивают выемочный участок по падению и простиранию пласта [6]. Пластовую выработку крепят анкерной крепью. Затем теми же средствами механизации проводят выемочную камеру и на ее сопряжении с пластовой выработкой устраивают нишу, в которой устанавливают бок о бок три секции гидрофицированной шагающей крепи. Питание секций крепи гидро- и электроэнергией осуществляют с пластовой выработки, а питание комбайна и самоходного вагона электроэнергией – с рабочей площадки.

Выемку угля ведут обратным ходом в диагональных заходках по обеим сторонам выемочной камеры без оставления между заходками одной стороны целиков. По мере отработки диагональных заходок секции гидрофицированной крепи передвигают в направлении от пластовой выработки к рабочей площадке. При передвижке секций крепи гидравлические шланги и электрокабели, которые заранее собирают в один пучок, вытягивают по почве выемочной камеры с пластовой выработки. Для защиты пучка рукавов и электрокабелей от повреждения обрушенными породами над пучком возводят арочную крепь, сооружая тем самым выработку малого сечения.

После выхода секций гидрофицированной шагающей крепи на рабочую площадку пучок рукавов и электрокабелей вытягивают на пластовую выработку по почве выработки малого сечения.

Следующую выемочную камеру проводят аналогичным образом в стороне от первой оставив междукамерный целик.

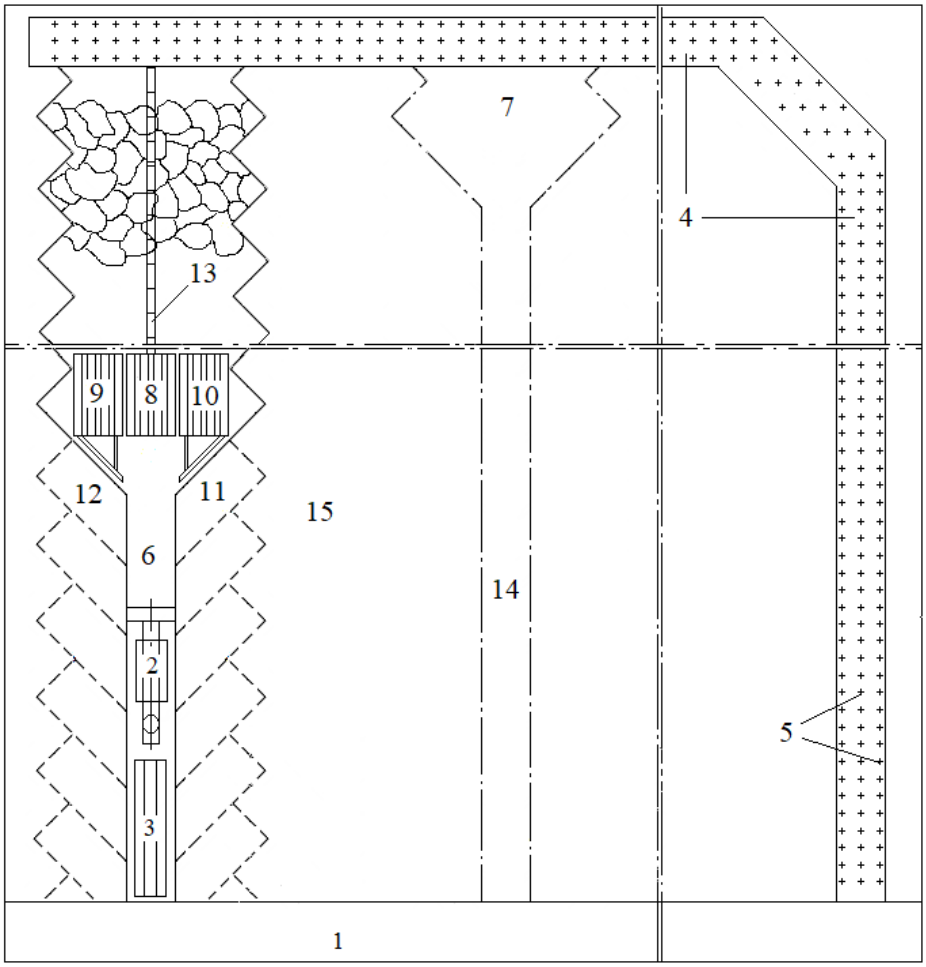

Рисунок 2 – Схема вскрытия, подготовки и порядка отработки пологого угольного пласта в приконтурной зоне карьера (разработка пологого угольного пласта обратным ходом с использованием комплекта гидрофицированной шагающей крепи):
1 – рабочая площадка; 2 – комбайн фронтального действия; 3 – самоходный вагон; 4 – пластовая выработка; 5 – анкерная крепь; 6, 14 – выемочная камера; 7 – ниша; 8, 9, 10 – средняя, правая, левая (по ходу движения) секция гидрофицированной шагающей крепи; 11, 12 – диагональная заходка; 13 – выработка малого сечения, 15 – междукамерный целик.

Добыча угля по этой технологической схеме предусматривается только в дистанционном режиме управления и без присутствия обслуживающего персонала в зоне ведения очистных работ, это требует создания дистанционно управляемых средств механизации возведения арочной крепи над пучком гидравлических рукавов и электрокабелей, в частности манипуляторов.

На возможностях гидрофицированной шагающей крепи (поддержание объемного рабочего пространства, способность шагания, оснащение навесным оборудованием) основана технологическая схема (рис. 3), в которой комплект включает пять секций, установленных в два ряда; в первом – три секции: передняя средняя и две боковые, правая и левая; во втором – две секции, задняя средняя, установленная вслед за передней средней секцией, и приставная, которая может быть установлена как слева от задней средней, так и справа от нее.

Эта схема так же предусматривает предварительное проведение по падению и простиранию пластовой выработки и крепление ее анкерной крепью.

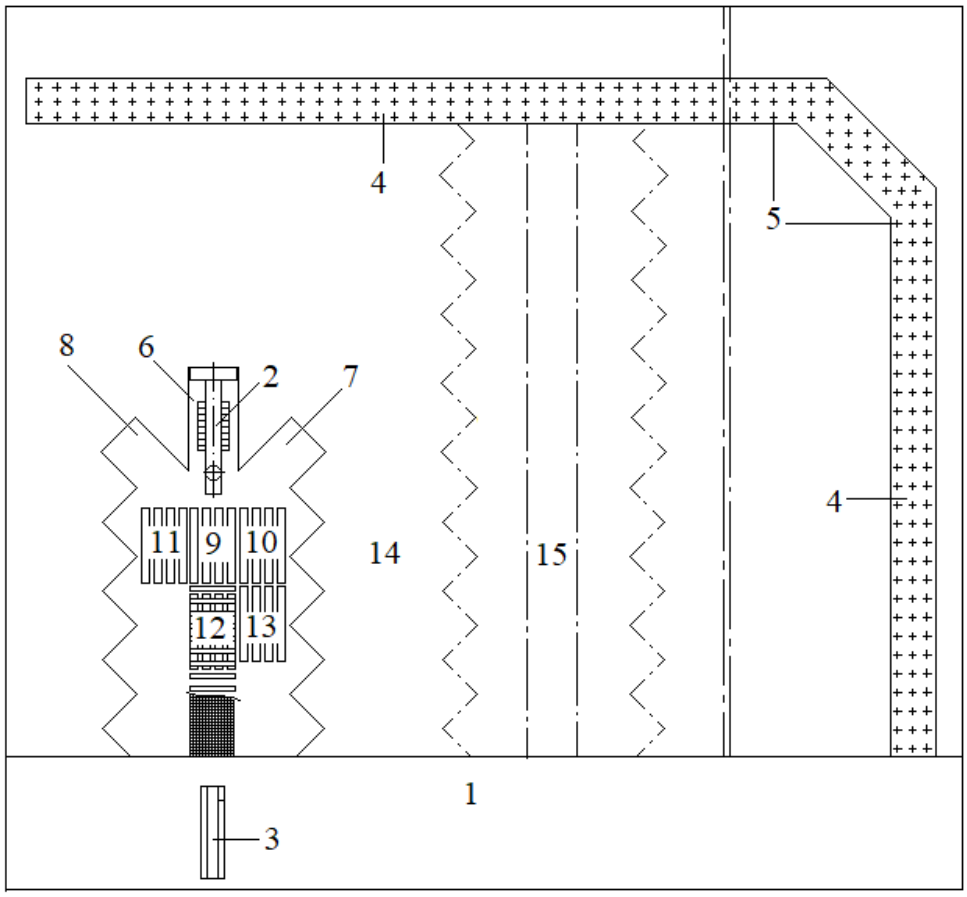

Рисунок 3 – Схема вскрытия, подготовки и порядка отработки пологого угольного пласта в приконтурной зоне карьера (разработка пологого угольного пласта прямым ходом с использованием комплекта гидрофицированной шагающей крепи):
1 – рабочая площадка; 2 – комбайн фронтального действия; 3 – самоходный вагон; 4 – пластовая выработка; 5 – анкерная крепь; 6, 15 – первая и вторая выемочная камера; 7, 8 – диагональная заходка; 9, 10, 11, 12, 13 – секция гидрофицированной шагающей крепи: передняя, правая, левая, задняя, приставная, соответственно; 14 – междукамерный целик.

Проведение выемочной камеры и выемку угля в диагональных заходках совмещают во времени и ведут прямым ходом без оставления целиков между заходками, используя комбайн, самоходный вагон и комплект гидрофицированной шагающей крепи. Гидравлические рукава и электрокабели каждой секции комплекта объединяют в один коммуникационный рукав. Коммуникационные рукава всех секций и электрокабель комбайна собраны в один плоский пучок, который жестко крепят к задней средней секции и ею же вытягивают с рабочей площадки.

Выемочную камеру вслед за комплектом гидравлической крепи крепят трапециевидной крепью, к верхнякам которой снизу, со стороны рабочего пространства, крепят ролики, которые, в свою очередь, поддерживают в подвешенном состоянии плоский пучок и облегчают вытягивание его с рабочей площадки во время передвижки задней средней секции.

Для обеспечения возможности осуществления передвижки любой секции, кроме средней задней, и комбайна каждый коммуникационный рукав и

электрокабель комбайна заправлен в индивидуальный накопитель, расположенный в рабочем пространстве приставной секции.

После выхода комбайна и комплекта гидрофицированной шагающей крепи на штрековую часть пластовой выработки комбайн все секции, кроме задней средней, вывозят по пластовой выработке на рабочую площадку, а заднюю среднюю выводят туда же своим ходом и при этом демонтируют рамную трапециевидную крепь.

Данная технологическая схема предусматривает ручное управление средствами механизации и требует присутствия обслуживающего персонала в рабочем пространстве, поддерживаемом комплектом гидрофицированной шагающей крепи.

Разработанные технологические схемы направлены на повышение эффективности выемки угля пологих пластов в приконтурной зоне карьера и безопасности ведения горных работ за счет организации дистанционного режима управления самоходными средствами механизации и исключения присутствия людей в самой опасной зоне, очистном забое, а при ручном управлении – за счет механизации самых тяжелых операций (возведение и демонтаж крепи выемочной камеры).

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2026-0001 «Разработка комплексных геотехнологий добычи запасов угля в сложных горно-геологических условиях без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, а также методов повышения эффективности эксплуатации и контроля технического состояния роботизированного оборудования» (рег. № 1023032000051-1-1.5.1;2.7.5).

Список литературы

1. Кузнецова Л.В., Анфёров Б.А. Разработка трудноизвлекаемых запасов угля мобильными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зоне ведения горных работ / Л.В. Кузнецова, Б.А. Анфёров // Безопасность труда в промышленности. – 2024. – № 10. – С. 7-13. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-10-7-13.
2. Киселев Е. Развитие технологий добычи трудноизвлекаемых запасов пройдет эволюцию. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/evgeniy_kiselev_razvitie_tekhnologiy_dobychi_trudnoizvlekaemykh_zapasov_proydet_evolyutsionno/?ysclid=m1ym78jxp7286708062 (дата обращения: 29.09.2026).
3. Закон о недрах. Федеральный закон от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. 29.12.2025). URL: https://rpn.gov.ruenisejskij-r04.gosweb.gosuslugi.rukontur-extern.ru (дата обращения: 29.09.2026).
4. Бенца В. В., Ефремова Е.В. Анализ показателей производственного травматизма в угольной промышленности за период с 2020 по 2024 год / В. В.

Бенца, Е.В. Ефремова // Молодой ученый. – 2026. – № 2 (605). – С. 348-353. URL: https://moluch.ru/archive/605/132420 (дата обращения: 29.09.2026).

5. Пат. 2850870 RU. Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта. Заявл. 12.11.2024 № 2024134076, опубл. 17.11.2025, бюл. № 32.

6. Пат. 2861999 RU. Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта и комплект гидрофицированной шагающей крепи для его осуществления. Заявл. 20.02.2026, опубл. 13.05.2026, бюл. № 14.

7. Клишин В.И., Кузнецова Л.В., Анфёров Б.А. Применение шагающей крепи для безопасной добычи угля с борта разреза комплексом глубокой разработки пластов / В.И. Клишин, Л.В. Кузнецова, Б.А. Анфёров // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 6. – С. 28-33. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-6-.