



УДК 622.232.72:622.27.326

## КОМПЛЕКСЫ ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВ: ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Герике Б.Л.,<sup>1,2</sup> Дрозденко Ю.В.<sup>1</sup>, Копытин Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН

### Аннотация.

Анализ горно-геологических условий пологопадающих угольных месторождений Кузнецкого, Минусинского, Иркутского и других бассейнов, где ведут открытую разработку угля, показывает, что в ряде случаев можно и целесообразно вести отработку части запасов из бортов открытых горных выработок, что позволит извлечь часть забалансовых запасов. Одними из таких технических устройств являются комплексы глубокой разработки пластов (КГРП, в англоязычной технической литературе – SHM), от технического состояния которых зависят не только экономические показатели, но и безопасность работы обслуживающего персонала.

В связи с тем, что опыт эксплуатации комплексов КГРП незначителен, эти факторы приобретают исключительно важное значение при обеспечении высокой технологичности ремонта. Необходимость научного подхода к решению данной задачи вызвана еще и тем, что в ремонтной службе ощущается недостаток поставок заводами-изготовителями ремонтной документации, оснастки, приспособлений для диагностики и специального оборудования.

Следует отметить, что исследование по оценке работоспособности КГРП на предприятиях до настоящего времени не производились, методика сбора и обработки статистической информации отсутствует. В связи с этим можно утверждать, что разработка и обоснование методики оценки технического состояния КГРП на горных предприятиях является актуальной научной задачей.

В данной статье выполнен обзор применения комплексов глубокой разработки пластов и краткий анализ литературных источников, посвященных данному вопросу.

### Информация о статье

Принята 16 июня 2020 г.

### Ключевые слова:

комплекс глубокой разработки пластов, открыто-подземная технология, выемка из борта карьера, угольный пласт, диагностика горного оборудования, техническое состояние

## COMPLEXES OF DEEP SEAM MINING: REVIEW OF APPLICATION AND STUDY OF THEIR TECHNICAL CONDITION

Boris Gerike<sup>1,2</sup>, Yury Drozdenko<sup>1</sup>, Denis Kopytin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

<sup>2</sup> Federal State Budget Scientific Centre «The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal

### Abstract.

The analysis of mining and geological conditions of flat coal deposits of Kuznetskiy, Minusinskiy, Irkutskiy and other basins, where surface mining of coal is carried out, shows that in some cases it is possible and expedient to develop part of the reserves from opencast mining workings, which will allow to extract part of off-balance reserves. One of such technical devices is the complexes for deep mining of seams (CDMS, in English science



## Article info

Received June 16, 2020

**Keywords:** complex of deep seams mining, surface-underground mining method, highwall mining, coal seam, diagnostics of mining equipment, technical condition

literature – SHM), the technical state of which depends not only on economic indicators, but also on safety of service personnel.

Due to the fact that the experience of operation of such complexes is insignificant, these factors become extremely important when ensuring high manufacturability of repair. The necessity of scientific approach to the solution of this problem is also caused by the fact that in the repair service there is a lack of supply of repair documentation, tooling, diagnostic devices and special equipment by manufacturing plants.

It should be noted that the studies to assess the performance of CDMS at the enterprises to date have not been carried out, so the methodology for collecting and processing statistical information is absent. In this regard, it can be argued that the development and justification of methods to assess the technical condition of CDMS at mining enterprises is an urgent scientific task.

This article provides an overview of the application of complexes of deep seam mining and a brief analysis of literary sources devoted to this issue.

## Введение

Анализ горно-геологических условий угольных месторождений Кузнецкого бассейна, где ведется открытая разработка угля, показывает, что в ряде случаев можно и целесообразно вести отработку части запасов из бортов открытых горных выработок.

Обычно данный способ предполагает извлечение забалансовых запасов угля при достижении разрезом его проектного (предельного) контура. В этом случае дальнейший разнос бортов либо нецелесообразен по экономическим соображениям, либо невозможен, исходя из правил безопасности. В то же время величина таких запасов может достигать десятков и иногда сотен тысяч тонн, поэтому применение КГРП является своеобразным выходом из положения, поскольку традиционное выемочное оборудование (экскаваторы) в таком случае не могут быть применены или для их потенциального использования необходимо изменение системы открытой разработки, что, как правило, неприменимо на завершающем этапе работы горного предприятия.

Ниже представлен краткий обзор литературных источников по данному вопросу.

## Анализ публикаций, посвященных различным аспектам применения КГРП

Подобная технология и оборудование были предложены еще в середине 70-х годов прошлого столетия [1-3]. Они предназначались для выемки законтурных запасов на участках действующих разрезов и маломощных пластов на полях шахт и разрезов, непригодных к разработке с точки зрения экономики.

В конце 80-х годов прошлого столетия применяемая в условиях месторождений Якутии открыто-подземная технология разработки [4] позволила:

- сократить сроки ввода в эксплуатацию угольных предприятий на 2-3 года по сравнению с традиционным подземным способом (6-10 лет);
- обеспечить устойчивую работу предприятий в период перехода с открытых горных работ на подземные;
- создать благоприятные условия быстрого доступа и выемки углей коксующихся марок, минуя зону окисления;
- снизить эксплуатационные потери угля в недрах (охранных целиках, у поверхности);
- обеспечить охрану окружающей среды за счет снижения объемов нарушения земной поверхности.

Данная технология позволяет вести отработку пластов открытым способом с последующим переходом на открыто-подземный (рис. 1), открыто-подземным способом с переходом на подземный с соответствующей взаимоувязкой горных работ (рис. 2), а также позволяет совмещать ведение работ открыто-подземным способом и открытых горных работ (рис. 3).

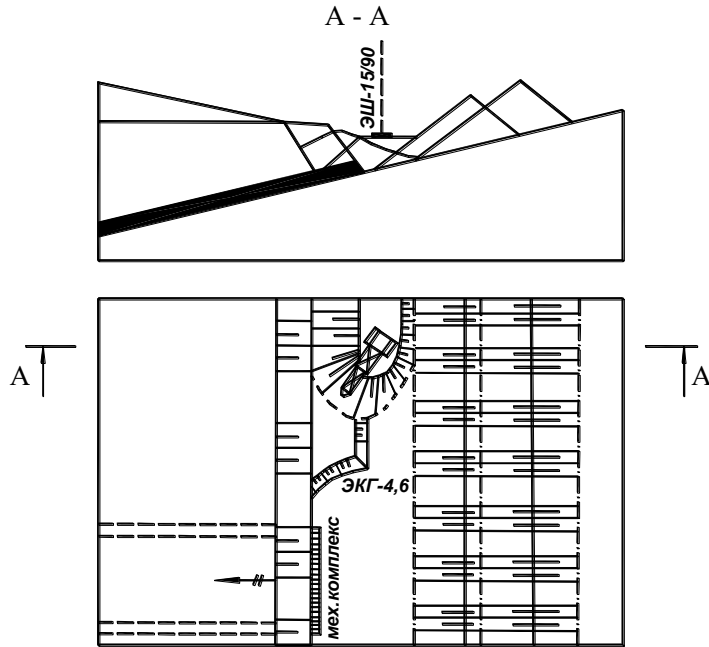


Рис. 1. Схема  
последовательного перехода  
от открытых к открыто-  
подземным горным работам

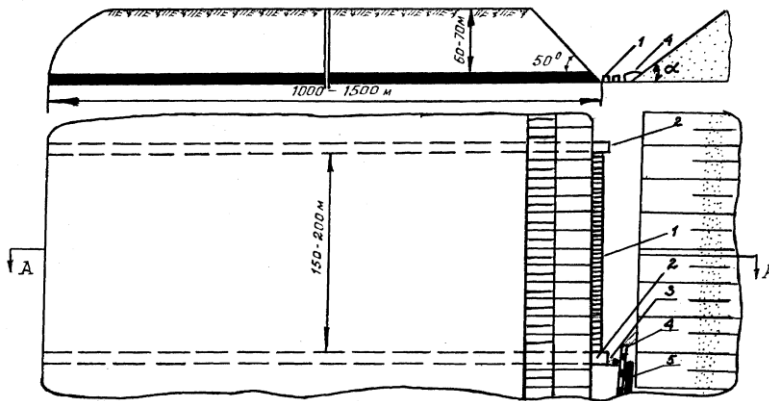


Рис. 2. Схема открыто-  
подземной отработки  
угольных пластов:  
1 – механизированный  
комплекс; 2 – выемочные  
штреки; 3 – конвейер-  
перегрузатель; 4 – временный  
склад; 5 – конвейер для  
транспортирования угля на  
постоянный склад

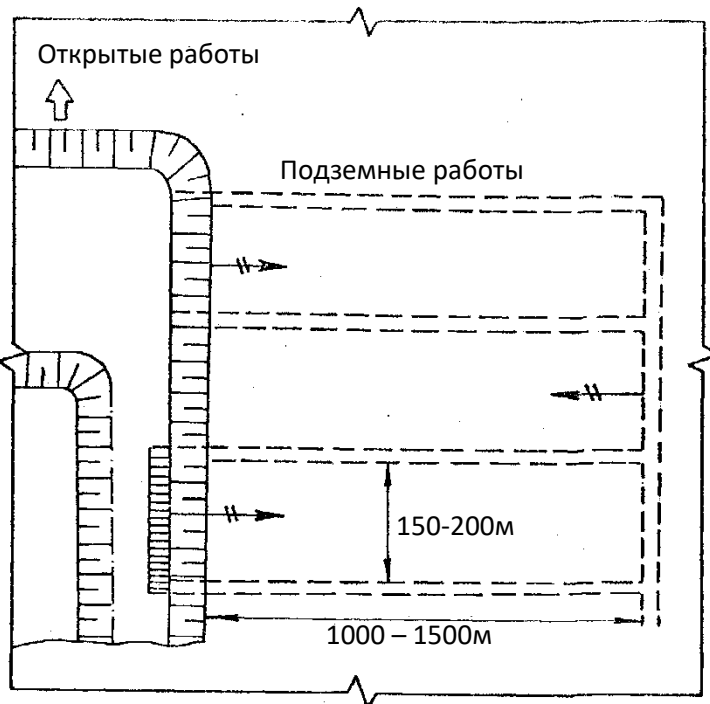


Рис. 3. Схема параллельного  
ведения горных работ  
открытым и открыто-  
подземным способами



В работе [5] рассмотрена технология опережающей отработки угольных пластов. Авторы предлагают первоначально выбуривать угольные пласты комплексом КГРП, располагаемым на рабочей площадке карьера, а впоследствии дорабатывать оставшиеся запасы (из межкамерных целиков) по классической технологии открытых горных работ. Подробно описаны параметры КГРП и этапы работ по выбуриванию угольного пласта. Однако авторами не приводится сколь-нибудь внятной последовательности работ за исключением общеизвестной технологии выбуривания пластов; каким образом пласты будут обрабатываться в дальнейшем – совершенно непонятно. К тому же, на наш взгляд, безусловно необходим учет буровзрывных работ, поскольку вследствие образования камер появляются дополнительные поверхности обнажения, способствующие распространению ударного действия взрыва в массиве. Этот вопрос в данной статье никак не затронут. Даже с учетом того, что в работе описана выемка пологих пластов, буровзрывную подготовку массива необходимо вести, пусть и с недобуром, а это приведет к тому, что в результате взрыва межкамерные угольные целики будут практически разрушены или перемешаны с породой, то есть весь уголь, оставшийся после применения КГРП, уйдет в потери либо потребует значительных затрат на обогащение и доведение до товарных кондиций. Кроме того, в работе не указано, каким образом учитываются дополнительные затраты на приобретение (либо аренду), доставку, монтаж/демонтаж КГРП и его техобслуживание. Поэтому с выводами авторов о том, что использование данного метода ведет к снижению текущего коэффициента вскрыши и себестоимости добычи, сложно согласиться.

В работе [6] авторы описывают опыт применения КГРП на Элегестском угольном месторождении. В статье приведены две технологические схемы отработки пласта комплексом КГРП, дано краткое описание параметров применяемой технологии. К сожалению, отсутствуют какие-либо характеристики самого комплекса, не указано, какая марка и модель использовалась. Общая же схема комплекса, равно как и фото режущего модуля КГРП, аналогичны приведенным в [5]. Однако в работе имеется конкретное указание на то, что работа КГРП позволила подтвердить основные геологические характеристики обрабатываемых угольных пластов, уточнить углы падения пластов и свойств пород кровли. Это, безусловно, положительный момент.

Авторы статьи [7] ставят основной целью оценку степени влияния нарушенности массива пород на устойчивость борта разреза и очистных выработок. Рассмотрены два сценария развития добычи: рассмотрение ситуации, предусматривающей совместную отработку межкамерных и межблочных целиков, и ситуации, предусматривающей разрушенные межкамерные целики при устойчивых межблочных. Приводятся расчетные данные распределения максимальных касательных напряжений и участков потерь устойчивости. На основе проведенных исследований сделан вывод о том, что основанием использования результатов математического моделирования НДС и устойчивости элементов горнотехнической конструкции, обусловленной выемкой пласта угля комплексом КГРП, могут являться прогнозирование участков обрушений пород с дальнейшей разработкой мероприятий по обеспечению безопасности ведения очистных работ в местах с повышенной напряженностью горного массива.

В работе [8] приводятся крайне общие сведения о возможности применения КГРП для доработки запасов угля разреза «Талдинский» (Ерунаковское поле). Сведения о геологическом строении участка приведены не в полном объеме (указано, что обрабатываются три пологопадающих угольных пласта и их средняя мощность), отсутствует хотя бы один геологический разрез. Приводится графическое изображение системы разработки угольного пласта с применением КГРП (которая по факту является всего лишь технологической схемой), но не указываются параметры этой системы. Необходимо заметить, что данные рисунки взяты из автореферата диссертации [11]. В табличном виде ([8]; табл. 2) даны технико-экономические показатели, но неясно, каким образом были получены эти результаты; какая-либо математическая модель либо расчетные формулы отсутствуют. С учетом того, что в статье указано значение средней производительности комплекса, равное 68 т/ч (фактические данные, впервые представленные в [9]), нетрудно подсчитать примерную годовую производительность комплекса. Кроме того, в том же источнике [9] дано конкретное значение максимального объема добычи в месяц – 37,746 тыс.т. Иными словами, даже при таком уровне добычи годовая производительность комплекса составит около 450 тыс.т. Однако в этой же таблице заявленная



(либо, как было сказано выше, каким-то образом рассчитанная) производительность комплекса составляет 1,1 млн.т/год, что ставит под сомнение все полученные результаты.

Статья [10] представляет обзор безлюдных технологий добычи угля в целом. Соответственно, анализу применения КГРП уделена небольшая часть работы, что вполне объективно.

В работе [12] предложены четыре варианта использования безлюдной технологии: отработка запасов, оставшихся в бортах; выемка угля из маломощных пластов, залегающих во вскрышной толще; применение КГРП как основного комплекса в течение всего срока службы разреза; использование комбайна, начиная с определенного момента. Указано, что в результате выполненных исследований предложена методика вычисления ширины целиков, позволяющая определить ее величину с учетом конкретных горно-геологических условий, однако сама методика не приводится.

Отработка нарушенных пластов угля имеет свою специфику. Одно из возможных решений этого вопроса, в частности, приведено в [13], где авторы предлагают способ разработки пологозалегающих пластов полезных ископаемых с применением КГРП в условиях непереходимых дизъюнктивных нарушений. При выемке пласта, имеющего нарушение с большой вертикальной амплитудой (больше допустимой), предлагается использовать коробчатый многозвенный транспортер. Отмечается, что знание мест расположения и амплитуд дизъюнктивных геологических нарушений позволяет расположить очистные камеры параллельно таким нарушениям, что исключает необходимость перехода этих нарушений, и увеличить длину очистных камер. На наш взгляд, недостатком заявленного способа является то, что не всегда возможно разместить комплекс в нужном направлении, поскольку не учтена выдержанность пластов по простиранию и возможное изменение угла простирания и мощности пласта.

В [14] авторами выполнен ряд исследований по совершенствованию технологии разработки угольных пластов с использованием КГРП. Надо отметить, что здесь авторы уделяют основное внимание проблеме выемки пластов, нарушенных дизъюнктивными нарушениями с вертикальным смещением. С выводами о том, что определяющее отрицательное влияние на продолжительность простоев оказывают горно-геологические условия залегания пласта, следует согласиться. Авторы указывают, что с этим фактором связано, как непосредственно, так и косвенно, 80% и более случайных простоев КГРП от общего их количества. Кроме того, при отработке сложных участков суточный коэффициент машинного времени не превышал 0,25-0,37, что крайне снижало производительность комплекса. В итоге сделан вывод о том, что необходима разработка классификации непереходимых геологических нарушений и создание типовых схем развития горных работ для каждого класса таких нарушений.

В работе [15] приводятся результаты работы комплекса КГРП при работе в сложных горно-геологических условиях разреза «Талдинский». Подробно описана технология выемки пласта 67, дан анализ простоев комплекса по различным причинам, установлены основные из них. Как указывается в работе, причинами преждевременной остановки проходки камер являются: обрушение кровли камеры (52%), приток воды в камеру (36%), отказ оборудования (6%), вертикальное смещение рабочего органа в камере (подработка кровли или почвы камеры — 5%) и др. (1%) [15]. Выявлено, что породы разреза имеют склонность к размоканию и потере связности, что приводит к появлению воды в камерах, которая, в свою очередь, возникает вследствие пересечения камерой границы депрессионной воронки, образовавшейся из-за выработанного пространства разреза. Сделаны некоторые выводы об области применения КГРП с точки зрения физико-механических свойств вмещающих пород, установлено, что применение комплекса позволит дополнительно добыть почти 400 тысяч тонн угля. Отмечено, что, по мнению автора, процессы затопления камеры и обрушения ее кровли являются взаимосвязанными.

В диссертационной работе Осминина Д.В. [16], помимо всего остального, подробно изучаются причины простоев комплекса глубокой разработки пластов. Автором в целях оперативного выбора схемы развития горных работ относительно непереходимых геологических нарушений разработана классификация по характерным производственным ситуациям (табл. 1).



Таблица 1. Классификация непереходимых дизъюнктивных геологических нарушений и рекомендуемые схемы расположения очистных камер [16]

Тип непереходимого дизъюнктивного геологического нарушения	Рекомендуемые принципиальные схемы расположения камер относительно борта разреза и непереходимого дизъюнктивного геологического нарушения			
Дизъюнктивное геологическое нарушение пересекает разрез	не борт	<p><b>Схема №1:</b> <math>\alpha = 0-20^\circ</math>, <math>S_{\min} &gt; 150 \text{ м}</math>, <math>\beta = 60-90^\circ</math></p>	<p><b>Схема №2:</b> <math>\alpha = 0-20^\circ</math>, <math>S = 50-150 \text{ м}</math>, <math>\beta = 30-60^\circ</math></p>	<p><b>Схема №3:</b> <math>\alpha = 0-20^\circ</math>, <math>S_{\max} \leq 50 \text{ м}</math>, <math>\beta = 70-90^\circ</math></p>
	борт	<p><b>Схема №4:</b> <math>\alpha = 70-90^\circ</math>, <math>\beta = 70-90^\circ</math></p>	<p><b>Схема №5:</b> <math>\alpha = 30-70^\circ</math>, <math>\beta = 30-70^\circ</math></p>	<p><b>Схема №6:</b> <math>\alpha = 20-30^\circ</math>, <math>\beta = 30-90^\circ</math></p>

Условные обозначения, принятые в таблице 1: 1 – рабочая площадка; 2 – дополнительная траншея; 3 – борт разреза; 4 – очистные камеры; 5 – междукамерные целики; 6 – геологическое нарушение;  $\alpha$  – угол между трещиной разлома геологического нарушения и бортом разреза;  $S$  – расстояние от борта разреза до геологического нарушения,  $\beta$  – угол между очистной камерой и бортом разреза,  $\Rightarrow$  направление развития фронта очистных работ.

Также автором установлено, что одним из основных факторов снижения эффективности применения оборудования является раннее прекращение добычных работ в камерах (рис. 4).

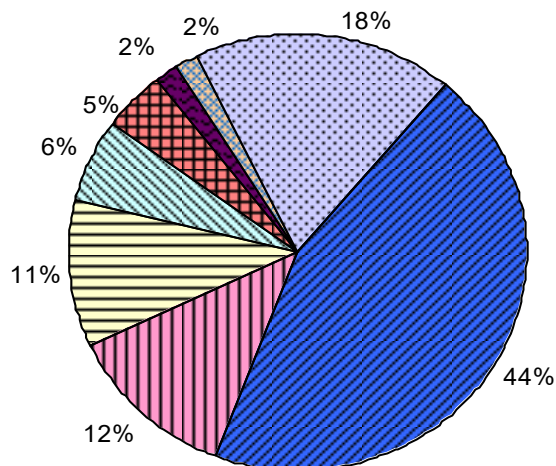


Рис. 4. Основные причины прекращения добычных работ в камерах

- Нарушения пласта
- Изменение гипсометрии пласта
- Обрушения кровли камер
- Затопления камер
- Уменьшение мощности пласта
- Отказы оборудования
- Отсутствие транспорта для вывоза угля на поверхность
- Камеры пройдены на проектную длину



Отмечается, что фактически достигаемые и расчетные, по техническим возможностям КГРП, показатели работы могут отличаться в несколько раз. При этом потери угля, связанные с ранним прекращением работ в очистных камерах (рис. 5), сопоставимы с потерями в междукамерных и блоковых целиках и приводят к увеличению общих эксплуатационных потерь на 40-50%.



Рис. 5. Распределение потерь угля при ведении добычных работ комплексом глубокой разработки пластов

Установлены значения среднесуточных простоев КГРП в зависимости от расстояния от борта разреза до непереходимого геологического нарушения (рис. 6).

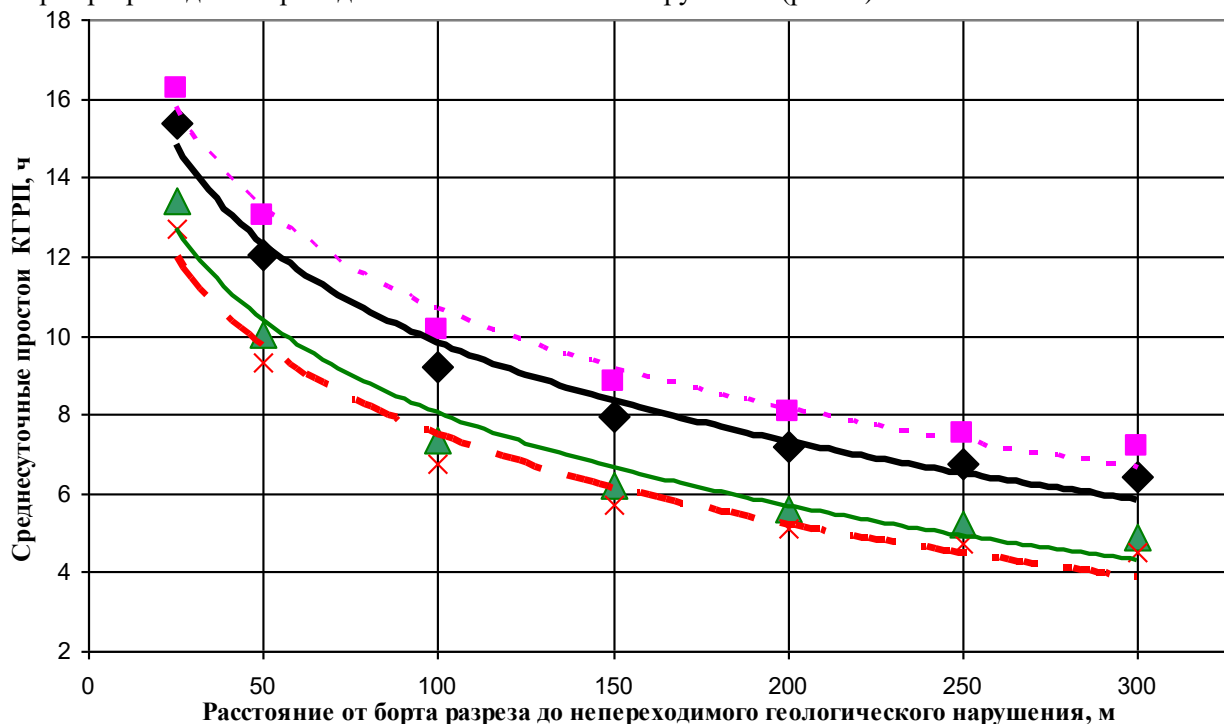


Рис. 6. Влияние непереходимых геологических нарушений на продолжительность простоев КГРП. Линии тренда (сверху вниз): мощность обрабатываемого пласта 1,8; 2,1; 3,8; 4,6 м [16].

Логично согласиться с данным выводом: при небольшом расстоянии от борта до нарушения комплекс будет иметь весьма малое время чистой работы по отношению к вспомогательным операциям; при большом расстоянии влияние наличия дизъюнктивного нарушения играет меньшую роль, поскольку время проходки будет превалировать над прочими



операциями (рис. 6). Также из рисунка следует, что время простоев будет снижаться с увеличением мощности обрабатываемого пласта.

Одним из важнейших выводов данной работы является следующее: при планировании очистных работ с использованием КГРП необходимо различать переходимые и непереходимые дизъюнктивные геологические нарушения. Предельные значения амплитуд вертикальных смещений пласта, при превышении которых геологическое нарушение следует относить к непереходимым, зависят от расстояния между геологическим нарушением и устьем очистной камеры, максимально допустимого угла изгиба коробчатого многозвенного транспортера и минимальной вынимаемой мощности пласта при использовании КГРП [16].

Необходимо отметить крупномасштабный цикл работ, выполненных под руководством д.т.н. А.Г. Нецветаева, в частности, [18...25]. В этих статьях даны как подробные обзоры реального применения комплексов глубокой разработки пластов в России и за рубежом, так и приводятся сведения об использовании КГРП на действующих горных предприятиях Кузбасса – разрезе «Распадский» и др. Кроме этого, обоснованы геомеханические параметры выемки угля с использованием КГРП; создан алгоритм расчета геомеханических параметров, обеспечивающих безопасность технологии безлюдной добычи угля; представлен опыт управления горным давлением методом применения оптимальных технологических параметров, исследована динамика деструктивных процессов в кровли пласта при отработки его комплексом глубокой разработки пластов (КГРП). Также приводятся технологические схемы работы комплекса в реальных условиях (рис. 7).

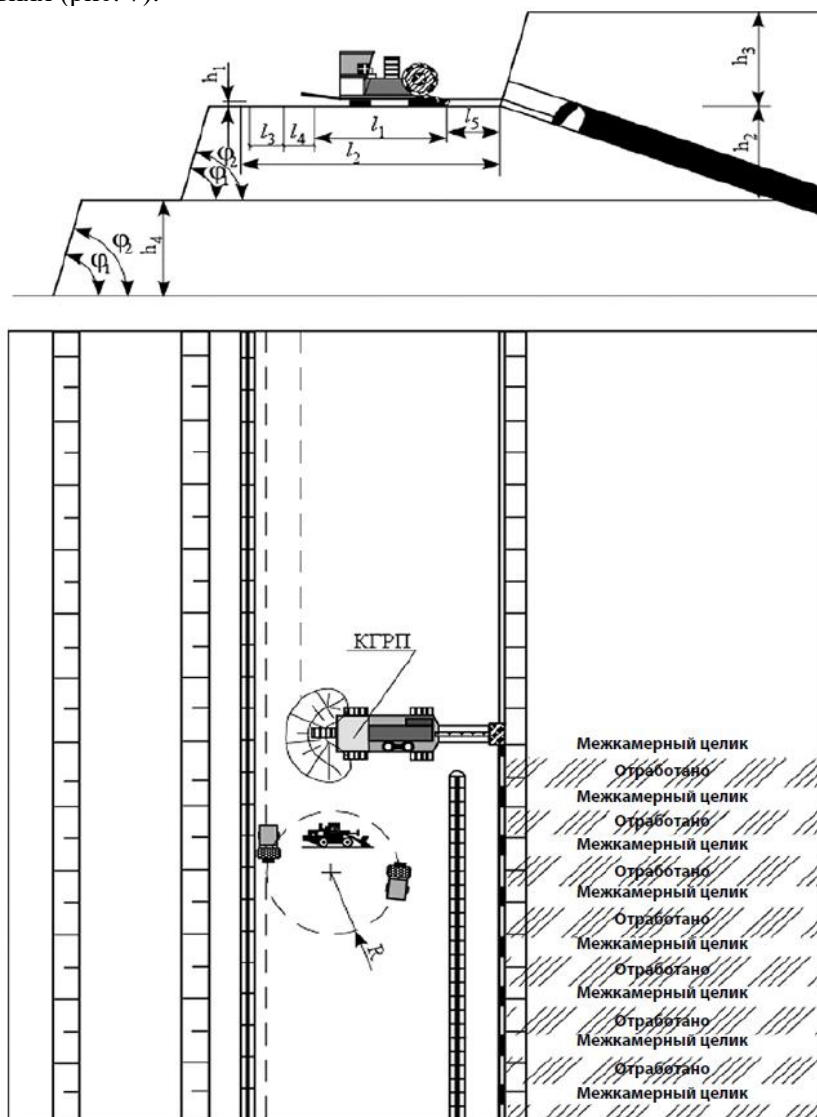


Рис. 7. Технологическая схема отработки пласта 67 (р-з «Галдинский») комплексом КГРП [24]





В этой же работе [24] установлено, что к основным мерам по обеспечению безопасности относятся применение гибкого выбора технологических параметров для данной системы разработки и рационального способа управления горным давлением, проведение необходимых наблюдений за состоянием горного массива над выемочными камерами, составление постоянного оперативного прогноза состояния массива.

Также стоит упомянуть ряд работ [26-34], в той или иной мере посвященных изучению проблем внедрения открыто-подземной геотехнологии с использованием КГРП и связанного с этим комплекса различных вопросов.

### Назначение и опыт использования КГРП

Кузбасс является одним из крупнейших угольных бассейнов Российской Федерации, поставляющим на российский и мировой рынок большую долю угля. В обстановке значительного объема поставок твердого топлива остается проблема добычи угля в зоне ранее отработанного угольного разреза, либо угольной шахты. Эти трудности существуют в горной отрасли не только в Кузбассе, но и в России и мире, что стало предметом обсуждения для разработки механизированных комплексов и технологий, способных производить отработку пластов в затрудненных условиях.

Разработка и создание комплексов прибортовой добычи угля нового технологического уровня для зон отработанного разреза, согласно [35...37], началось с 1977 года. Развитие основывалось на технологии шнекобуровой выемки с использованием подземных проходческих комбайнов, коснулось разработок различных схем транспортировки угля на поверхность, обеспечивающих более высокие технико-экономические показатели, чем достигались шнекобуровыми машинами.

Известным комплексом является The Thin Seam Miner, разработчик тонких пластов (РТП) голландской фирмы «Dieseko» (1979) [38]. В основе комплекса стояла концепция – «бурение-извлечение». Базовая комплектация включала следующие основные компоненты: рама, каркас системы с энергетическим модулем от дизельного привода, кабина оператора, два барабана с кабелями для подачи электроэнергии к двигателям режущего модуля (рис. 8).

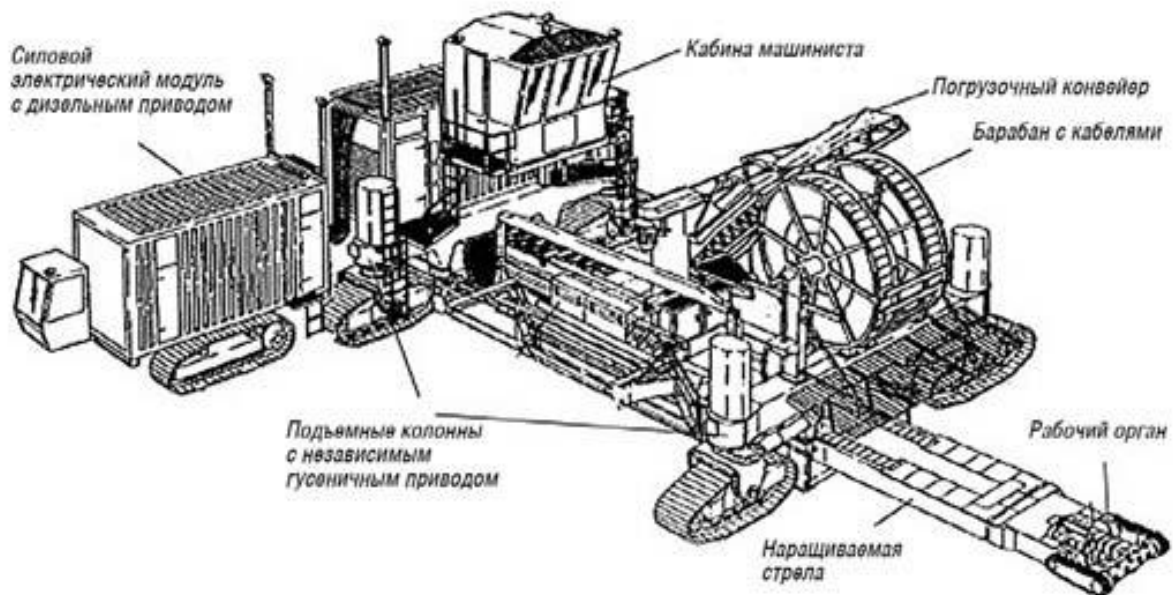


Рис. 8. Конструктивная схема комплекса The Thin Seam Miner компании «Dieseko»

Для подачи режущего модуля на угольный забой и извлечения его в исходное положение на основной раме установлен механизм балки-толкателя с двумя мощными гидроцилиндрами (длиной по 6,1 м каждый), а также вращатель шнекового конвейера и загрузочный стол шнекового конвейера. Шнековый конвейер представлял собой набор коробчатых секций длиной



по 6,1 м, внутри которых размещены противоположно вращающиеся два шнека для транспортировки угля от режущего модуля к разгрузочному узлу комплекса.

В сравнение с современными моделями комплекс РТП не был укомплектован подборщиком отбитого угля, гамма-датчиками определения поверхности раздела пустой породы и угля. Комплекс рассчитан на мощность выбуриваемого пласта не более 1,4 м с шириной захвата 2,9 м. Целики между смежными выработками составляли всего 0,8 м, а глубина выработок достигала 75 м. Рекламные проспекты компании «Dieseko» указывали, что производительность комплексов составляет 23 т/мин, а мощность обрабатываемых пластов от 0,94 до 4,1 м при длине выработок – до 180 м. Расчетный уровень извлечения запасов достигал 66%, который был выше уровня извлечения запасов шнекобуровыми машинами (50%) [39].

В 1981 году несколько комплексов РТП работало на разрезах в Западной Вирджинии. Неспособность комплекса извлекать уголь из глубины более 75 м и другие причины, связанные с конструктивными недоработками, привели компанию к реорганизации под именем Metec. Усовершенствованные комплексы были электрифицированы, режущие модули фирмы «Joy» позволяли вести работы в более мощных пластах. Глубина отработки достигла 183 м. Компанией Metec произведены значительные улучшения комплексов, но в начале 1990-х годов производство комплексов было прекращено.

В 1994 году компания Super Highwall Miner (SHM) получила права на технологию, оборудование. Опираясь на улучшения, сделанные Metec, SHM создали более совершенную модель комплекса – РТП-разработчик тонких пластов (рис. 9).



Рис. 9. Конструктивная схема комплекса SHM с вертикальной разгрузкой, модель 1995 г.

К 2000 году глубина выработок была увеличена до 305 м. Производство РТП осуществлялось в городе Беркли, штат Западная Вирджиния. Комплексы с разгрузкой угля через вертикальную шнековую колонну, и затем на короткий ленточный отвалообразователь выпускались с 1996 по 2002 год (заводские номера 1–20). Вертикальная шнековая колонна была снабжена одним разгрузочным шнеком, а подающих из забоя шнеков в каждом ставе было два, что значительно снижало производительность комплекса. Отражался на производительности комплекса и конструктивный недостаток: загрузочный механизм ставов был представлен поворотной рамкой и требовался очень высокий уровень точности в совмещении става и поворотной рамки относительно друг друга.

Синхронизировать производительность разгрузочного модуля с подающими уголь из выработки шнеками ставов позволила замена шнековой колонны на конвейерную разгрузку через хвостовую часть комплекса. На рис. 10 представлен РТП №21, который был выпущен в 2002 году.

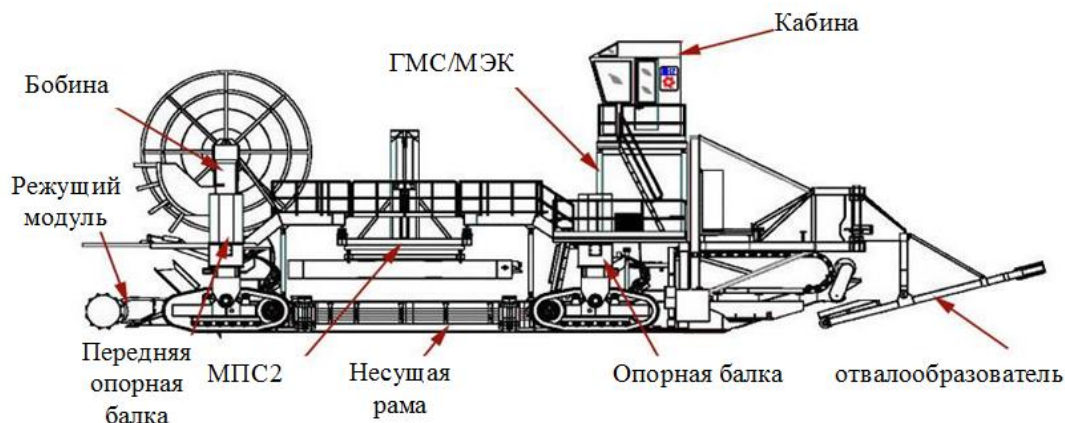


Рис. 10. Конструктивная схема комплекса SHM, модель 2002 года: ГМС/МЭК – гидравлическая маслосистема/плунжерный электронасос; МПС – механизированная система установки ставов (рештаков)

В 2007 году компания SHM была приобретена компанией TEREX и далее стала функционировать под брендом TEREX-SHM. В 2009 году компания TEREX-SHM была приобретена компанией BUSYRUS и далее стала функционировать под брендом BUSYRUS-SHM. В 2011 году компания BUSYRUS-SHM была приобретена компанией CATERPILLAR и далее стала функционировать под брендом CAT-SHM [40].

Отметим, что первоначальная конструкция комплекса The Thin Seam Miner постоянно модифицировалась и продолжает модифицироваться исходя из наработанного опыта (рис. 11).



Рис. 11. Комплекс CAT-SHM, модель 2011 года

Наиболее важными последовательными модификациями были [41-43]:

- разгрузка угля через хвостовой конвейер-отвалообразователь;
- механизированный загрузочный стол секций шнекового конвейера;
- горизонтальное расположение блока автоматизированного управления;
- новая конструкция соединения и крепления между собой секций шнекового конвейера;



- автоматическая система навигации режущего органа (Through Fiber-Optic Gyro-FOG) и возможно управление режущим модулем в горизонтальной плоскости;
- сертифицированные электрические соединения, возможность работы комплекса при частоте напряжения 50 Гц, против первоначальных 60 Гц, соответствующих стандарту напряжения США.

Дизельные генераторные установки собраны на основе дизельных двигателей CAT 3516. Комплексы CAT-SHM могут работать либо от дизельных генераторов, либо напрямую от электропитания 6,6 кВ, 50 Гц, 2250 кВА. Интерес к данной технологии проявляют Южная Африка, Китай, Россия и Австралия. После приобретения бизнеса компанией «Caterpillar», комплексы модифицированы в соответствии с местными стандартами других стран. В Россию поставлено комплексы SHM-№№ 28, 29, 34, 57 и др. работают под брендом КГРП (комплекс глубокой отработки пластов).

Сопоставительный анализ существующих комплексов показал, что для работы на угольных месторождениях российских регионов, в том числе Кузбасса, наиболее приемлемы комплексы глубокой разработки пластов (КГРП) «Superior Highwall Miners».

КГРП – это гибридная система, использующая в основном подземную технологию с открытой поверхности зоны угольного разреза или специальной разрезной траншеи. Эта система способна добывать запасы угля по более выгодной себестоимости и в более сжатые сроки, чем при традиционном способе добычи [44, 45], и находит все большее применение на разрезах Кузбасса.

В начале 2004 года в Кемеровскую область были поставлены 2 комплекса компании «Superior Highwall Miners», осуществляющих открыто-подземный способ добычи угля по безопасной технологии.

В настоящее время комплексы глубокой разработки пластов применяются на трех разрезах: разрез «Восточный», разрез «Ресурс», «Распадский угольный разрез».

Технология глубокого выбуривания пластов с использованием КГРП является разновидностью подземной камерно-столбовой системы разработки. КГРП – автономный, самоходный высокопроизводительный угледобывающий комплекс, обеспечивающий полностью механизированную безлюдную выемку угля параллельными заходками путем выбуривания камер прямоугольного сечения шириной 3,5 м и высотой 1,1–4,8 м на глубину до 300 м. Выемка может вестись из подготовленной разрезной траншеи или полутраншеи, с уступа разреза или по контуру выходов пласта. Выемочный модуль КГРП представляет собой комбайн с телескопическим исполнительным органом, регулируемым по высоте (от 0,8 до 4,8 м), что позволяет осуществлять эффективную выемку угля без масштабных вскрышных работ [20].

Рабочий орган комплекса – горизонтальный цилиндрический барабан с режущими зубьями. Необходимое усилие подачи рабочего органа на забой обеспечивает напорный механизм – толкатель с двумя гидравлическими цилиндрами, расположенный в центре машины и конструктивно соединенный с комбайном. Дистанционно управляемый модуль режущей головки внедряется в пласт посредством упорных секций конвейера, последовательно наращиваемых по мере углубления и образующих единый став между поверхностным и выемочным модулями. Отбитый уголь, попадая на питатель с нагребными лапами, направляется на скребковый конвейер, с которого разгружается на пару горизонтальных шнеков (шнековый перегружатель), соединенных со шнеками транспортной системы комплекса. Шнековая транспортная система состоит из соединенных между собой 6-метровых секций става (рештаков) коробчатого сечения, внутри которых размещены по два шнека. Смонтированная внутри става система шнеков обеспечивает транспортирование отбитого угля от забоя к устью выработки с последующей отсыпкой его на рабочей площадке с помощью отвалообразователя КГРП. Возможность перемещения секций става относительно друг друга в вертикальной плоскости ( $\pm 3^\circ$ ) обеспечивает выемку угля при волнистом залегании пласта.

Комплексы находят применение на пластах малой мощности, где вскрышные работы малоэффективны. Например, ООО «Инновационные Горные Технологии» применяет технологию добычи угля с использованием комплекса глубокой разработки пластов компании SUPERIOR HIGHWALL MINERS (CAT-SHM).



Основное количество комплексов ГРП (78 единиц) эксплуатируются в США: в штатах Западная Вирджиния, Вирджиния, Кентукки, Индиана и Огайо. Все комплексы, находящиеся в США, работают в разных режимах и добывают от 10 до 60 тыс. т в месяц, большое количество комплексов простаивает или работает неритмично. Это происходит по причине несвоевременной подготовки фронта для добычных работ. Самый производительный комплекс, №73, в среднем добывает порядка 600 тыс. т в год, работая низкопрофильным рабочим модулем на горизонтальном пласте мощностью 1,2 м при глубине отработки в 300 м.

За пределы США, не включая Россию, были поставлены:

- в Индию – два комплекса Viscurus-SHM № 69 и № 74; из них № 69 успешно работает с начала столетия, а № 74 был запущен в работу в 2015 г.;
- в Индонезию – один комплекс Terex-SHM №62. К сожалению, этот комплекс был потерян при сходе грязевого потока с борта разреза в период сильных муссонных дождей и восстановлению не подлежит.

Всего, до конца 2014 г., было выпущено 85 комплексов, из них 84 комплекса изготавливались в городе Беркли, штат Западная Вирджиния, а начиная с № 85 комплексы стали производиться в городе Хьюстон, штат Пенсильвания на производственных мощностях компании Caterpillar (CAT).

### **Техническая характеристика, состав и сравнительный анализ моделей КГРП**

Агрегат КГРП устанавливается на открытой площадке, которая образуется в результате извлечения вскрышных пород и угля по контуру блока, предполагаемого к отработке с помощью данной системы. Минимально необходимая ширина рабочей площади составляет от 25,8 до 27,5 м при разных элементах системы разработки. Уголь от рабочего органа КГРП транспортируется по закрытым решатам с помощью расположенных в них шнеков [46, 47].

В табл. 2 представлена техническая характеристики комплекса, а в табл. 3 внесены временные периоды операций данного комплекса.

Таблица 2. Техническая характеристика КГРП

<b>Показатели</b>	<b>Значение</b>
Общая установленная мощность, кВт	1200
Длина машины, м	16,81
Ширина машины в режиме добычи, м	10,2
Максимальный угол подачи в забое, град	25
Максимальное понижение отработки пласта (0-25 град), м	0-11
Диаметр барабана режущего органа, мм	910
Ширина реза, мм	3510
Высота реза, мм	
– минимальная	1100
– максимальная	4800
Длина камеры отработки пласта, м	300
Давление режущей головки, кгс/см <sup>2</sup>	
– среднее	400
– максимальное (для отдельных вкраплений)	700
Уровень автоматического срабатывания датчиков метана, %	2

Первые комплексы КГРП в Кузбассе под номером 28 и 29 были не приспособлены к нашим климатическим условиям и часто выходили из строя, помимо этого некоторые узлы могли причинить травму рабочему. Посредством обмена информацией по количеству отказов данного комплекса в Кузбассе завод-изготовитель CAT стал модернизировать данную установку, и со временем данные проблемы были решены. Это позволило снизить травмоопасность и количество отказов.



Компания SHM на базе опыта предшественников и произведенных улучшений конструкции комплексов наладила прибыльное производство комплексов РТП в промышленных масштабах. Далее производство комплексов возглавил САТ-SHM с целью повышения капитализации предшествующих компаний.

Хронология выглядит следующим образом:

1977 – 1983 г.г. – Дайсеко, Голландия (убыточное производство);

1983 – 1994 г.г. – Metec, США (убыточное производство);

1995 – 2007 г.г. – SHM (с № 1 – прибыльное производство);

2007 – 2009 г.г. – Terex-SHM (с № 56 – прибыльное производство);

2009 – 2011 г.г. – Viscurus-SHM (с № 69 – прибыльное производство);

2011 – н.в. – САТ-SHM (с № 75 – прибыльное производство).

Таблица 3. Временные периоды операций

Наименование	Единицы измерения	Значение
Время на установку (извлечение) одного става	мин	3
Время на переезд между камерами	мин.	46
Длина одного става	м	6
Время отработки камеры на один став	мин.	60
Общее время, приходящееся на 1 камеру	мин.	1080
Количество циклов на бурение 1 камеры	шт.	18
Количество угля, вынимаемое за один цикл	т	89
Коэффициенты, учитывающие:		
климатические условия	дол. ед.	0,95
надежность работы оборудования	дол. ед.	0,96
взрывные работы	дол. ед.	1,00
орошение забоя	дол. ед.	0,92
Рабочее время смены:		
продолжительность смены	мин.	480
подготовительно-заключительные операции	мин.	31
подчистка подъезда	мин.	10
отдых	мин	25
время на личные надобности	мин.	10
время чистой работы	мин.	404
Количество смен работы в сутках	шт.	3
Количество камер, выбуренных в смену	шт.	0,37
Среднее количество циклов в смену	шт.	6
Сменная производительность	т	596
Суточная производительность	т	1788
Годовая производительность	тыс.т	527

По данным САТ, на начало 2015 г. в работе находится 67 комплексов, из них в США 63 комплекса. Кроме того, в США два комплекса были засыпаны при обрушении борта, один комплекс утоплен, остальные двенадцать комплексов стали «донорами» запасных частей для находящихся в работе комплексов. Оставшиеся семь комплексов были поставлены за рубеж, из них четыре комплекса находятся в работе. Общий объем добычи угля с применением КГРП в США составляет более 30,0 млн. т/год.



### **Выводы по работе. Основные задачи для дальнейшего изучения**

В настоящее время большое распространение получает оборудование иностранного производства, которое, как правило, не приспособлено к жестким климатическим условиям эксплуатации, имеющим место на угольных предприятиях Сибири [48, 49].

В этих условиях особо остро становятся вопросы технического обслуживания и ремонта этого оборудования [50]. Это связано с тем, что изменяются подходы к эксплуатации горношахтного и горнотранспортного оборудования, усложняется сама техника и технологические процессы её эксплуатации, ужесточаются требования промышленной и экологической безопасности. Большое количество разнообразных узлов и агрегатов, входящих в состав этого оборудования, имеют скрытый характер зарождения и развития неисправностей, что нередко становится причинами аварийных ситуаций, которые могут сопровождаться значительным экономическим и социальным ущербом, а также загрязнением окружающей среды [51]. Ряд аварий и техногенных катастроф различного масштаба последних лет заставляют по-новому переосмысливать требования к достоверности оценки текущего состояния оборудования и определению его остаточного ресурса с учетом последних достижений науки в области технической диагностики [52, 53].

Метеорологические условия при открытых горных работах определяются особенностями климатогеографического района, находятся в прямой зависимости от времени года, суточной периодичности и конкретных погодных условий. В зимнее время, на разрезах Сибири, температура воздуха может понижаться до  $-30...-40$  °С. Высокая конкурентоспособность в угольной отрасли требует снижения себестоимости и повышения производительности угледобывающих комплексов, что служит основой для предъявления высоких требований к качеству конструкции горнодобывающего оборудования, одним из показателей которого является надежность.

О непригодности к работе в климатических условиях Кузбасса показывает опыт эксплуатации КГРП [54]. Серьезной проблемой при работе комплекса при низких температурах является нарушение работоспособности его гидромеханических систем.

Одной из причин отказов в работе гидромеханического оборудования КГРП является изменение вязкости гидравлического масла при низких температурах (система смазки, гидравлические цилиндры, гидромоторы, гидравлические рукава, гидрораспределители и т.д.), так как большая часть приводов исполнительных механизмов расположена в зоне влияния зимних отрицательных температур (ниже  $-25$ °С).

Основными направлениями решения этой задачи являются [55-62]:

- оценка влияния погодных-климатических условий эксплуатации КГРП на эксплуатационные показатели его надежности;
- распознавание технического состояния основных узлов и агрегатов КГРП методами функциональной диагностики;
- совершенствование гидромеханической системы КГРП для предотвращения замерзания рабочей жидкости;
- повышение качества ремонта и ТО на основе системы профилактического обслуживания, базирующейся на результатах функциональной диагностики узлов и агрегатов КГРП;

В связи с вышеизложенным можно утверждать, что диагностика, техническое обслуживание и ремонт нового технологического оборудования на горных предприятиях Кузбасса является актуальной научной задачей, для решения которой требуется разработка методов и средств диагностики, технического обслуживания и ремонта угледобывающих комплексов, чему и посвящена настоящая работа.

*Результаты получены в рамках работы по договору РФФИ 20-45-420018\20 «Фундаментальные исследования в области совершенствования техники и технологии выемки забалансовых запасов угля с применением комплексов глубокой разработки пласта».*



### Список источников

1. Малышева, Н.А. Разработка маломощных и сложных угольных пластов открытым способом. / Н.А. Малышева, П.И. Томаков, С.А. Дранников. – М.: Недра. – 1975. – 240 с.
2. Дранников, С.А. Производительность шнекобуровых машин при рациональном использовании их в комплексе с экскаваторами. / С.А. Дранников, М.К. Пузырьков // Науч. сообщения ИГД им. А.А. Скочинского «Исследования технологии и комплексной механизации разработки угля открытым способом». – Вып. 151. – 1977. – С. 57-63.
3. Исполнительный орган шнекобуровых машин: Авт. свид. №208615 СССР, М.Кл<sup>2</sup>. E21 D 9/10 / С.А. Дранников, Л.А. Буданчиков, В.В. Ламбров // Ордена Трудового Красного Знамени институт горного дела им. А.А. Скочинского; Заявл. 27.05.67. Оpubл. 25.05.76.
4. Лось, И.Н. Особенности разработки угольных месторождений Южной Якутии и пути повышения эффективности комплексного их освоения /И.Н. Лось, Ф.М. Киржнер // В сб. статей «Повышение эффективности комплексного открыто-подземного способа разработки месторождений» Отв. редактор М.И. Агошков. – М.:ИПКОН АН СССР, 1988. – С. 57-67.
5. Филатов, П.Ю. Технология «опережающей выемки» угольных пластов с применением комплекса глубокой разработки пластов / П.Ю. Филатов, К.В. Федин, М.А. Дмитриев, С.В. Андраханов, С.А. Кузнецов, Р.Г. Соснин // Вестник НЦ ВостНИИ. – 2017. – №2. – С. 42-49.
6. Демченко, А.В. Опыт работы комплекса глубокой разработки пластов на Элегестском угольном месторождении республики Тува / А.В. Демченко, И.В. Деревяшкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №6. – С. 79-87.
7. Неверов, А.А. Геомеханическое обоснование горнотехнической обстановки при отработке пластов комплексом КГРП / А.А. Неверов, А.М. Никольский, Т.А. Цымбалюк // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2019. – Т. 2. – №4. – С. 190-199.
8. Чаплыгин, В.В. Использование комплекса глубокой разработки пластов в условиях «Ерунаковского поля» филиала УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез» / В.В. Чаплыгин, Д.В. Малофеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 5. – С. 360-368.
9. Григорян, А.А. Особенности применения комплексов глубокой разработки пластов при сформированном предельном борте карьера в условиях Кузнецкого угольного бассейна / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – №8. – С. 40-44.
10. Махно, Д.Е. Перспективы и возможности безлюдной выемки угля / Д.Е. Махно, А.Н. Авдеев, В.А. Перфильев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – №7. – С. 14-20.
11. Агафонова, А.Б. Обоснование рациональных параметров структурных элементов интегрированных технологий отработки запасов угольных месторождений. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГГУ. – 2013. – 22 с.
12. Ромашкин, Ю.В. Доработка запасов карьерных полей угольных месторождений / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №10. – С. 70-74.
13. Патент РФ RU 2357081 С1. Способ разработки пологопадающих пластов полезных ископаемых. Авт.: Зубов В.П., Осминин Д.В. Оpubл. 27.05.2009. – Бюл. №15. – 9 с.
14. Зубов, В.П. Направления совершенствования технологии разработки угольных пластов с использованием комплексов глубокой разработки пластов (КГРП) / В.П. Зубов, Д.В. Осминин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №5. – С. 25-29.
15. Казаков, А.С. Особенности применения комплексов глубокой разработки пластов в сложных горно-геологических условиях / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №8. – С. 36-45.
16. Осминин, Д.В. Обоснование схем подземной выемки угля с использованием открытых горных выработок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – С.-П., 2008. – 20 с.
17. Зубов, В.П. Выемка угля в бортах разрезов с использованием комплексов глубокой разработки пластов / В.П. Зубов, Д.В. Осминин // Горный журнал. – 2008. – № 5. – С. 37-40.
18. Нецветаев, А.Г. Первый российский опыт применения технологии глубокой разработки угольных пластов: устойчивость массива и потери угля в недрах / А.Г. Нецветаев, Л.Н. Репин, А.В. Соколовский, А.В. Юткин // Уголь. – 2004. – №12. – С. 10-12.
19. Нецветаев, А.Г. Технология глубокой разработки угольных пластов: анализ опыта внедрения на разрезе «Распадский» / А.Г. Нецветаев, Л.Н. Репин, А.В. Соколовский, А.В. Юткин // Уголь. – 2005. – №2. – С. 9-10.
20. Нецветаев, А.Г. Развитие технологии безлюдной угледобычи с применением комплексов КГРП / А.Г. Нецветаев, А.А. Григорян, Д.И. Пружина // Горная промышленность. – 2015. – № 4 (122). – С. 87-91.
21. Нецветаев, А.Г. Алгоритм расчета геомеханических параметров, обеспечивающих безопасность технологии безлюдной добычи угля с применением КГРП / А.Г. Нецветаев, А.А. Григорян, Д.И. Пружина // Уголь. – 2015. – № 1. – С. 25-28.





22. Нецветаев, А.Г. Технология безлюдной добычи угля с применением шнекобуровых машин / А.Г. Нецветаев, А.А. Григорян, Д.И. Пружина // Горная промышленность. – 2015. – № 2 (120). – С. 60-63.
23. Нецветаев, А. Г. Обоснование геомеханических параметров выемки угля с применением комплексов глубокой разработки пластов (КГРП) / А.Г. Нецветаев, Л.Н. Репин, А.В. Соколовский, А.В. Кучеренко // Уголь. – 2005. – № 5. – С. 66-68.
24. Нецветаев, А.Г. Геодинамика кровли пласта 67 Талдинского месторождения при отработке его комплексом КГРП / А.Г. Нецветаев, А.А. Григорян, Д.И. Пружина // Уголь. – 2014. – №11. – С. 73-77.
25. Нецветаев, А.Г. Решение комплекса социально-экономических проблем при доработке запасов угля Гусиноозерского месторождения с использованием КГРП / А.Г. Нецветаев, Л.Н. Репин, А.В. Соколовский, И.Е. Елизов // Уголь. – 2005. – №3. – С. 35-36.
26. Черданцев, Н.В. Устойчивость целиков с учетом вывалообразования в геотехнологии HIGHWALL / Н.В. Черданцев, В.Т. Преслер, В.А. Федорин, В.Е. Ануфриев // Вестник КузГТУ. – 2010. – № 6. – С. 6-9.
27. Черданцев, Н. В. Геомеханическое состояние массива горных пород с поверхностями ослабления в окрестности комплекса протяженных горизонтальных выработок / Н.В. Черданцев, В.А. Федорин // Вестник КузГТУ. – 2006. – № 1. – С. 17-19.
28. Гусаров, И.А. Опыт отработки пласта «Польсаевский» подземным способом на горном отводе ОАО «Разрез «Моховский» компании «Кузбассразрезуголь» // Уголь. – 2003. – №8. – С. 20-21.
29. Ивершина, Г.Е. Открыто-подземная геотехнология освоения угольных месторождений с применением КГРП // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – №2 (53). – С. 3-7.
30. Варфоломеев, Е.Л. Развитие открыто-подземного способа добычи угля в Терсинском геолого-экономическом районе / Е.Л. Варфоломеев, А.Ю. Михайлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №10. – С. 51-58.
31. Федорин, В.А. Внедрение и развитие современной высокопроизводительной технологии извлечения угля без присутствия людей в подземных выработках для условий Терсинского геолого-экономического района / В.А. Федорин, Е.Л. Варфоломеев, И.Л. Борисов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2014. – С. 35-39.
32. Михайлов, А.Ю. Развитие технологических решений комбинированной геотехнологии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №ОБ6. – С. 128-137.
33. Ромашкин, Ю.В. Возможности прироста добычи угля при низкой эффективности открытого способа разработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №S45-1. – С. 330-338.
34. Смирнов, С.А. Результаты опытно-промышленных работ по доработке запасов каменноугольных месторождений за техническими границами разрезов комплексами глубокой разработки пластов / С.А. Смирнов, О.Ю. Печенегов, А.С. Казаков // Рациональное освоение недр. – 2015. – № 4. – С. 58-62.
35. Грицко, Г.И. Освоение угольных месторождений модульными шахтоучастками комбинированным открыто-подземным способом / Г.И. Грицко, В.А. Федорин // Открытые горные работы. – 1999. – Пилотный номер. – С. 29-33.
36. Корякин, А.И., Колесников В.Ф. Комплексная отработка угольных месторождений Кузбасса открытым и подземным способами / А.И. Корякин, В.Ф. Колесников // Уголь. – 1998. – № 7. – С. 47-48.
37. Попков, М.П. Открыто-подземная разработка угольных пластов // Уголь. – 1998. – №2. – С. 16-20.
38. Проспект фирмы «Dieseko BV». – 1991.
39. Применение системы Highwall для выемки угля с уступа разреза // Открытые горные работы. – 2004. – № 6. – С. 54-56.
40. New highwall system on offer // Australian Mining. – 1998. Vol. 90, №11, p. 10.
41. Применение механизированной выемки угля системой «ХайУолл» в Австралии // Уголь. – 1996. – №6. – С. 63.
42. Книссель, В. Австралия'99 – добыча каменного угля подземным, открытым и комбинированным способами / В. Книссель, М. Шмид, Х. Мишо // Глюкауф. – 2001. – № 1. – С. 55-60.
43. Baotang, S. Highwall Mining Stability / Taishan Academic Forum - Project on Mine Disaster Prevention and Control // Atlantis Press. Amsterdam, Paris, Beijing. – 2014. – P. 184-189.
44. Нецветаев, А.Г. Технология добычи угля с применением комплексов глубокой разработки пластов. / А.Г. Нецветаев, Л.П. Репин, А.В. Соколовский. //Уголь. – 2004. – № 11. – С. 41-43.
45. Герике, Б.Л. Основные этапы развития техники, применяемой в системе HIGHWALL для выемки угля с уступа разреза / Б.Л. Герике, Д.В. Копытин, А.А. Рябцев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 1. – С. 44-48.
46. Проспект фирмы «Joy Technologies Inc.». – 1992.
47. HIGHWALL MINING APPARATUS: Пат. № 5962807 США, МКИ6 E 21 C 29/00 /Joseph J. Zimmerman, Franclin, Pa. -№ 501741; Заявл. 09.08.95. Оpubл. 02.12.97.



48. Рожков, А.А. Анализ использования отечественного и зарубежного технологического оборудования на угледобывающих предприятиях России / А.А. Рожков, Н.В. Карпенко // Уголь. – 2019. – №7. – С. 58-64.
49. Рожков, А.А. К вопросу импортозамещения и локализации производства основного технологического оборудования в угольной промышленности России / А.А. Рожков, Л.И. Кантович, А.А. Грабский, Е.П. Грабская. // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 2. – С. 50-57.
50. Оценка энергоэффективности транспортных установок по результатам технической диагностики / А.А. Хорешок, Е.Г. Кузин, А.В. Шальков, М.С. Мамаева, М.Г. Лупий // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 5 (123). – С. 79-85.
51. Указ Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683 «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации».
52. Щадов, И.М. Предложения по внедрению на предприятии концепции технического обслуживания и ремонта горнотранспортной техники и оборудования / И.М. Щадов, В.Ю. Конохов, А.В. Чемезов, Т.С. Беляевская // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 12. – С. 134-143.
53. Клишин, В.И. Научное обеспечение инновационного развития угольной отрасли / В.И. Клишин, М.В. Писаренко // Уголь. – 2014. – № 9. – С. 42-46.
54. Копытин, Д.В. Влияние окружающей среды на параметр потока отказов гидравлического оборудования комплексов глубокой разработки пластов / Д.В. Копытин, Б.Л. Герике, К.А. Ананьев, А.Н. Ермаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2019. – № 4. – С. 21-25.
55. Клишин, В.И. Интеллектуальное обслуживание редукторов горных машин / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, Е.Г. Кузин, А.А. Мокрушев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 538. – С. 369-392.
56. Костиков, В.А. Надежность технических систем и техногенный риск / М. – 2008. – 136 с.
57. Андреева, Л.И. Применение методов оценки технического состояния горной техники на горнодобывающем предприятии. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 5. – С. 136-143.
58. Андреева, Л.И. Применение методов оценки технического состояния горной техники на горнодобывающем предприятии. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – № 4. – С. 78–85.
59. Герике, Б.Л. Опыт использования цифровых технологий в оценке технического состояния комплексов глубокой разработки пластов / Б.Л. Герике, Д.В. Копытин, В.П. Тациенко // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – №3. – С. 72-80.
60. Квагинидзе, В.С. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт карьерного горно-транспортного оборудования в условиях низких температур. Автореф.... дис. д-ра техн. наук. – Кемерово, Кузбасский гос. техн. ун-т. – 2003. – 40 с.
61. Рахутин, М.Г. Методология обоснования предельных состояний и резерва элементов гидропривода горных машин. Автореф. ... дис. д-ра техн. наук. – М., МГТУ. – 2010. – 35 с.
62. Сидоров, В.А. Развитие теории технической диагностики металлургических машин для обеспечения их безотказности. Автореф. ... дис. д-ра техн. наук. – Донецк, Донбасский гос. техн. ун-т. – 2016. – 34 с.

## References

1. Malysheva, N.A. Razrabotka malomoshchnykh i slozhnykh ugol'nykh plastov otkrytym sposobom. / N.A. Malysheva, P.I. Tomakov, S.A. Drannikov. – М.: Nedra. – 1975. – 240 с.
2. Drannikov, S.A. Proizvoditel'nost' shnekoburovykh mashin pri ratsional'nom ispol'zovanii ikh v komplekse s ekskavatorami. / S.A. Drannikov, M.K. Puzyr'kov // Nauch. soobshcheniya IGD im. A.A. Skochinskogo «Issledovaniya tekhnologii i kompleksnoy mekhanizatsii razrabotki uglya otkrytym sposobom». – Вып. 151. – 1977. – С. 57-63.
3. Ispolnitel'nyy organ shnekoburovykh mashin: Avt. svid. №208615 SSSR, M.K12. E21 D 9/10 / S.A. Drannikov, J.I.A. Budanchikov, V.V. Lambrov // Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni institut gornogo dela im. A.A. Skochinskogo; Zayavl. 27.05.67. Opubl. 25.05.76.
4. Los', I.N. Osobennosti razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy Yuzhnoy Yakutii i puti povysheniya effektivnosti kompleksnogo ikh osvoeniya / I.N. Los', F.M. Kirzhner // V sb. statey «Povyshenie effektivnosti kompleksnogo otkryto-podzemnogo sposoba razrabotki mestorozhdeniy» Otv. redaktor M.I. Agoshkov. – М.: IPKON AN SSSR, 1988. – С. 57-67.
5. Filatov, P.Yu. Tekhnologiya «operezhayushchey vyemki» ugol'nykh plastov s primeneniem kompleksa glubokoy razrabotki plastov / P.Yu. Filatov, K.V. Fedin, M.A. Dmitriev, S.V. Andrakhanov, S.A. Kuznetsov, R.G. Sosnin // Vestnik NTs VostNII. – 2017. – №2. – С. 42-49.



6. Demchenko, A.V. Opyt raboty kompleksa glubokoy razrabotki plastov na Elegestskom ugol'nom mestorozhdenii respubliki Tuva / A.V. Demchenko, I.V. Derevyashkin // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – №6. – S. 79-87.
7. Neverov, A.A. Geomekhanicheskoe obosnovanie gornotekhnicheskoy obstanovki pri otrabotke plastov kompleksom KGRP / A.A. Neverov, A.M. Nikol'skiy, T.A. Tsymbalyuk // Interekspo GEO-Sebir'. – 2019. – T. 2. – №4. – S. 190-199.
8. Chaplygin, V.V. Ispol'zovanie kompleksa glubokoy razrabotki plastov v usloviyakh «Erunakovskogo polya» filiala UK «Kuzbassrazrezugol'» «Taldinskiy ugol'nyy razrez» / V.V. Chaplygin, D.V. Malofeev // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2017. – № 5. – S. 360-368.
9. Grigoryan, A.A. Osobennosti primeneniya kompleksov glubokoy razrabotki plastov pri sformirovannom predel'nom borte kar'era v usloviyakh Kuznetskogo ugol'nogo basseyna / Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2014. – №8. – S. 40-44.
10. Makhno, D.E. Perspektivy i vozmozhnosti bezlyudnoy vyemki uglya / D.E. Makhno, A.N. Avdeev, V.A. Perfil'ev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2018. – №7. – S. 14-20.
11. Agafonova, A.B. Obosnovanie ratsional'nykh parametrov strukturnykh elementov integrirovannykh tekhnologiy otrabotki zapasov ugol'nykh mestorozhdeniy. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M.: MGGU. – 2013. – 22 s.
12. Romashkin, Yu.V. Dorabotka zapasov kar'ernykh poley ugol'nykh mestorozhdeniy / Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2012. – №10. – S. 70-74.
13. Patent RF RU 2357081 S1. Sposob razrabotki pologopadayushchikh plastov poleznykh iskopaemykh. Avt.: Zubov V.P., Osminin D.V. Opubl. 27.05.2009. – Byul. №15. – 9 s.
14. Zubov, V.P. Napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologii razrabotki ugol'nykh plastov s ispol'zovaniem kompleksov glubokoy razrabotki plastov (KGRP) / V.P. Zubov, D.V. Osminin // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2008. – №5. – S. 25-29.
15. Kazakov, A.S. Osobennosti primeneniya kompleksov glubokoy razrabotki plastov v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh / Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2018. – №8. – S. 36-45.
16. Osminin, D.V. Obosnovanie skhem podzemnoy vyemki uglya s ispol'zovaniem otkrytykh gornykh vyrabotok: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – S.-P., 2008. – 20 s.
17. Zubov, V.P. Vyemka uglya v bortakh razrezov s ispol'zovaniem kompleksov glubokoy razrabotki plastov / V.P. Zubov, D.V. Osminin // Gornyy zhurnal. – 2008. – № 5. – S. 37-40.
18. Netsvetaev, A.G. Pervyy rossiyskiy opyt primeneniya tekhnologii glubokoy razrabotki ugol'nykh plastov: ustoychivost' massiva i poteri uglya v nedrakh / A.G. Netsvetaev, L.N. Repin, A.V. Sokolovskiy, A.V. Yutkin // Ugol'. – 2004. – №12. – S. 10-12.
19. Netsvetaev, A.G. Tekhnologiya glubokoy razrabotki ugol'nykh plastov: analiz opyta vnedreniya na razreze «Raspadskiy» / A.G. Netsvetaev, L.N. Repin, A.V. Sokolovskiy, A.V. Yutkin // Ugol'. – 2005. – №2. – S. 9-10.
20. Netsvetaev, A.G. Razvitie tekhnologii bezlyudnoy ugledobychi s primeneniem kompleksov KGRP / A.G. Netsvetaev, A.A. Grigoryan, D.I. Pruzhina // Gornaya promyshlennost'. – 2015. – № 4 (122). – S. 87-91.
21. Netsvetaev, A.G. Algoritm rascheta geomekhanicheskikh parametrov, obespechivayushchikh bezopasnost' tekhnologii bezlyudnoy dobychi uglya s primeneniem KGRP / A.G. Netsvetaev, A.A. Grigoryan, D.I. Pruzhina // Ugol'. – 2015. – № 1. – C. 25-28.
22. Netsvetaev, A.G. Tekhnologiya bezlyudnoy dobychi uglya s primeneniem shnekoburovykh mashin / A.G. Netsvetaev, A.A. Grigoryan, D.I. Pruzhina // Gornaya promyshlennost'. – 2015. – № 2 (120). – C. 60-63.
23. Netsvetaev, A. G. Obosnovanie geomekhanicheskikh parametrov vyemki uglya s primeneniem kompleksov glubokoy razrabotki plastov (KGRP) / A.G. Netsvetaev, L.N. Repin, A.V. Sokolovskiy, A.V. Kucherenko // Ugol'. – 2005. – № 5. – C. 66-68.
24. Netsvetaev, A.G. Geodinamika krovli plasta 67 Taldinskogo mestorozhdeniya pri otrabotke ego kompleksom KGRP / A.G. Netsvetaev, A.A. Grigoryan, D.I. Pruzhina // Ugol'. – 2014. – №11. – S. 73-77.
25. Netsvetaev, A.G. Reshenie kompleksa sotsial'no-ekonomicheskikh problem pri dorabotke zapasov uglya Gusinozerskogo mestorozhdeniya s ispol'zovaniem KGRP / A.G. Netsvetaev, L.N. Repin, A.V. Sokolovskiy, I.E. Elizov // Ugol'. – 2005. – №3. – S. 35-36.
26. Cherdantsev, N.V. Ustoychivost' tselikov s uchetom vyvaloobrazovaniya v geotekhnologii HIGHWALL / N.V. Cherdantsev, V.T. Presler, V.A. Fedorin, V.E. Anufriev // Vestnik KuzGTU. – 2010. – № 6. – C. 6-9.
27. Cherdantsev, N. V. Geomekhanicheskoe sostoyanie massiva gornykh porod s poverkhnostyami oslableniya v okrestnosti kompleksa protyazhennykh gorizonta'nykh vyrabotok / N.V. Cherdantsev, V.A. Fedorin // Vestnik KuzGTU. – 2006. – № 1. – C. 17-19.
28. Gusarov, I.A. Opyt otrabotki plasta «Polysaevskiy» podzemnym sposobom na gornom otvode OAO «Razrez «Mokhovskiy» kompanii «Kuzbassrazrezugol'» // Ugol'. – 2003. – №8. – S. 20-21.



29. Ivershina, G.E. Otkryto-podzemnaya geotekhnologiya osvoeniya ugol'nykh mestorozhdeniy s primeneniem KGRP // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – №2 (53). – S. 3-7.
30. Varfolomeev, E.L. Razvitie otkryto-podzemnogo sposoba dobychi uglya v Tersinskom geologo-ekonomicheskom rayone / E.L. Varfolomeev, A.Yu. Mikhaylov // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2015. – №10. – S. 51-58.
31. Fedorin, V.A. Vnedrenie i razvitie sovremennoy vysokoproizvoditel'noy tekhnologii izvlecheniya uglya bez prisutstviya lyudey v podzemnykh vyrabotkakh dlya usloviy Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo rayona / V.A. Fedorin, E.L. Varfolomeev, I.L. Borisov // Na-ukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov. – 2014. – S. 35-39.
32. Mikhaylov, A.Yu. Razvitie tekhnologicheskikh resheniy kombinirovannoy geotekhnologii // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2013. – №OV6. – S. 128-137.
33. Romashkin, Yu.V. Vozmozhnosti prirosta dobychi uglya pri nizkoy effektivnosti otkrytogo sposoba razrabotki // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2013. – №S45-1. – S. 330-338.
34. Smirnov, S.A. Rezul'taty opytно-promyshlennykh rabot po dorabotke zapasov kamennougol'nykh mestorozhdeniy za tekhnicheskimi granitsami razrezov kompleksami glubokoy razrabotki plastov / S.A. Smirnov, O.Yu. Pechenegov, A.S. Kazakov // Ratsional'noe osvoenie nedr. – 2015. – № 4. – С. 58-62.
35. Gritsko, G.I. Osvoenie ugol'nykh mestorozhdeniy modul'nymi shakhtouchastkami kombinirovannym otkryto-podzemnym sposobom / G.I. Gritsko, V.A. Fedorin // Otkrytye gornye raboty. – 1999. – №1. – S. 29-33.
36. Koryakin, A.I., Kolesnikov V.F. Kompleksnaya otrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa otkrytym i podzemnym sposobami / A.I. Koryakin, V.F. Kolesnikov // Ugol'. – 1998. – № 7. – S. 47-48.
37. Popkov, M.P. Otkryto-podzemnaya razrabotka ugol'nykh plastov // Ugol'. – 1998. – №2. – S. 16-20.
38. Prospekt firmy «Dieseko BV». – 1991.
39. Primenenie sistemy Highwall dlya vyemki uglya s ustupa razreza // Otkrytye gornye raboty. – 2004. – № 6. – S. 54-56.
40. New highwall system on offer // Australian Mining. – 1998. Vol. 90, №11, p. 10.
41. Primenenie mekhanizirovannoy vyemki uglya sistemoy «KhayUoll» v Avstralii // Ugol'. – 1996. – №6. – S. 63.
42. Knissel', V. Avstraliya'99 – dobycha kamennogo uglya podzemnym, otkrytym i kombinirovannym sposobami / V. Knissel', M. Shmid, X. Misho // Glyukauf. – 2001. – № 1. – S. 55-60.
43. Baotang, S. Highwall Mining Stability / Taishan Academic Forum - Project on Mine Disaster Prevention and Control // Atlantis Press. Amsterdam, Paris, Beijing. – 2014. – P. 184-189.
44. Netsvetaev, A.G. Tekhnologiya dobychi uglya s primeneniem kompleksov glubokoy razrabotki plastov. / A.G. Netsvetaev, L.P. Repin, A.V. Sokolovskiy. //Ugol'. – 2004. – № 11. – S. 41-43.
45. Gerike, B.L. Osnovnye etapy razvitiya tekhniki, primenyaemoy v sisteme HIGHWALL dlya vyemki uglya s ustupa razreza / B.L. Gerike, D.V. Kopytin, A.A. Ryabtsev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – № 1. – S. 44-48.
46. Prospekt firmy «Joy Technologies Inc.». – 1992.
47. HIGHWALL MINING APPARATUS: Pat. № 5962807 SShA, MKI6 E 21 S 29/00 /Joseph J. Zimmerman, Franclin, Ra. -№ 501741; Zayavl. 09.08.95. Opubl. 02.12.97.
48. Rozhkov, A.A. Analiz ispol'zovaniya otechestvennogo i zarubezhnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya na ugledobyvayushchikh predpriyatiyakh Rossii / A.A. Rozhkov, N.V. Karpenko // Ugol'. – 2019. – №7. – S. 58-64.
49. Rozhkov, A.A. K voprosu importozameshcheniya i lokalizatsii proizvodstva osnovnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya v ugol'noy promyshlennosti Rossii / A.A. Rozhkov, L.I. Kantovich, A.A. Grabskiy, E.P. Grabskaya. // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2018. – № 2. – S. 50-57.
50. Otsenka energoeffektivnosti transportnykh ustanovok po rezul'tatam tekhnicheskoy diagnostiki / A.A. Khoreshok, E.G. Kuzin, A.V. Shal'kov, M.S. Mamaeva, M.G. Lupiy // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – № 5 (123). – S. 79-85.
51. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 31 dekabrya 2015 g. № 683 «Strategiya natsional'noy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii».
52. Shchadov, I.M. Predlozheniya po vnedreniyu na predpriyatii kontseptsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta gornotransportnoy tekhniki i oborudovaniya / I.M. Shchadov. V.Yu. Konyukhov, A.V. Chemezov, T.S. Belyaevskaya // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2015. – № 12. – S. 134-143.
53. Klishin, V.I. Nauchnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya ugol'noy otrasli / V.I. Klishin, M.V. Pisarenko // Ugol'. – 2014. – № 9. – S. 42-46.
54. Kopytin, D.V. Vliyanie okruzhayushchey sredy na parametr potoka otkazov gidravlicheskogo oborudovaniya kompleksov glubokoy razrabotki plastov / D.V. Kopytin, B.L. Gerike, K.A. Anan'ev, A.N. Ermakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2019. – № 4. – S. 21-25.



55. Klishin, V.I. Intellektual'noe obsluzhivanie reduktorov gornykh mashin / V.I. Klishin, B.L. Gerike, E.G. Kuzin, A.A. Mokrushev // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2017. – № 538. – S. 369-392.
56. Kostikov, V.A. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyi risk / M. – 2008. – 136 s.
57. Andreeva, L.I. Primenenie metodov otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya gornoy tekhniki na gornodobyvayushchem predpriyatii. // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2018. – № 5. – S. 136-143.
58. Andreeva, L.I. Primenenie metodov otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya gornoy tekhniki na gornodobyvayushchem predpriyatii. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2017. – № 4. – S. 78–85.
59. Gerike, B.L. Opyt ispol'zovaniya tsifrovyykh tekhnologiy v otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya kompleksov glubokoy razrabotki plastov / B.L. Gerike, D.V. Kopytin, V.P. Tatsienko // Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2019. – №3. – S. 72-80.
60. Kvaginidze, V.S. Diagnostika, tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont kar'ernogo gorno-transportnogo oborudovaniya v usloviyakh nizkikh temperatur. Avtoref... dis. d-ra tekhn. nauk. – Kemerovo, Kuzbasskiy gos. tekhn. un-t. – 2003. – 40 s.
61. Rakhutin, M.G. Metodologiya obosnovaniya predel'nykh sostoyaniy i rezerva elementov gidroprivoda gornykh mashin. Avtoref. ... dis. d-ra tekhn. nauk. – M., MGGU. – 2010. – 35 s.
62. Sidorov, V.A. Razvitie teorii tekhnicheskoy diagnostiki metallurgicheskikh mashin dlya obespecheniya ikh bezotkaznosti. Avtoref. ... dis. d-ra tekhn. nauk. – Donetsk, Donbasskiy gos. tekhn. un-t. – 2016. – 34 s.

#### **Авторы**

#### **Authors**

##### **Герике Б.Л.,**

доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов,  
e-mail: gbl\_42@mail.ru  
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

главный научный сотрудник лаборатории угольного машиноведения  
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, Институт угля  
650003, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10

##### **Дрозденко Ю.В.,**

кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительства подземных сооружений и шахт  
e-mail: duv.gmik@kuzstu.ru

##### **Копытин Д.В.,**

соискатель кафедры горных машин и комплексов  
e-mail: kopytin@mail.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

#### **Библиографическое описание статьи**

Герике Б.Л., Дрозденко Ю.В., Копытин Д.В. Комплексы глубокой разработки пластов: обзор применения и изучения их технического состояния // Техника и технология горного дела. – 2020. – № 3 (10). – С. 58-78.

##### **Boris L. Gerike,**

Dr.Sc., Professor, Department of Mining Machines and Complexes  
e-mail: gbl\_42@mail.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University  
28 Vesennyaya str., Kemerovo, Russia, 650000

Chief researcher of the Coal Machinery Laboratory  
Federal State Budget Scientific Centre «The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal  
10 Leningradsky Av., Kemerovo, Russia, 650003

##### **Yury V. Drozdenko,**

Cand. Sc. (Tech.), head of Department of Underground Structures and Mines Construction  
e-mail: duv.gmik@kuzstu.ru

##### **Denis V. Kopytin,**

Postgraduate student, Department of Mining Machines and Complexes  
e-mail: kopytin@mail.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University  
28 Vesennyaya str., Kemerovo, Russia, 650000

#### **Cite this article**

Gerike B., Drozdenko Yu. and Kopytin D. (2020) Complexes of deep seam mining: review of application and study of their technical condition, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 3(10):58.