



УДК 622.272.4:622.273

СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ДЛИННОСТОЛБОВОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА: КРАТКИЙ ОБЗОР

Игнатов Е.В.

Кузбасский государственный технический университет

Аннотация.

Основной системой разработки пологих пластов средней мощности в Кузбассе является система длинных столбов по простиранию с делением этажа (панели) на подэтажи (ярусы) и отработкой последних в нисходящем порядке. Между подэтажами оставляются подэтажные целики 5÷20 м. На одном пласте разрабатывается от 1 до 4-х выемочных полей, в каждом из которых в работе находится 1÷2 лавы. В пределах выемочного поля проходятся обычно две наклонные транспортные выработки, они же служат для вентиляции и сообщения. В настоящее время разработка сосредоточена преимущественно в уклонных полях.

Эффективность применения столбовой системы разработки в значительной мере определяется схемой подготовки и порядком отработки столбов. От последних зависит способ охраны штреков, интенсивность воздействия на крепь выработки опорного давления, местоположение подготовительных выработок относительно границ выработанного пространства, продолжительность их поддержания, управление газо- и водовыделением.

Известными истинами являются изменчивость горнотехнических условий эксплуатации в бассейне, на шахте и пласте, по длине выемочного столба и взаимосвязь этого с формой проявления горного давления. И если в очистном забое на современном уровне развития его элементной базы не представляется возможным внести коррективы в ее параметры в процессе добычи, то в выработках при бесцеликовой отработке пластов это реально. Для этого необходимо создать научное и технологическое сопровождение.

Информация о статье

Принята 23 сентября 2019 г.

Ключевые слова:

подземные горные работы, бесцеликовая отработка пластов, столбовая система разработки, выемочное поле

THE STATE AND MAIN TASKS OF DEVELOPMENT OF THE LONGWALL MINING SYSTEM ON THE COAL MINES OF KUZBASS: A BRIEF REVIEW

Eugeny Ignatov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Abstract.

The main system of development of medium-thickness gentle seams in Kuzbass is a longwall system with division of a floor (panel) into sublevels (tiers) and development of the latter in descending order. Between the sublevels are left sub-level blocks of 5÷20 m. On one seam from 1 to 4 extraction fields are developed, in each of which 1÷2 walls is in operation. There are usually two inclined transport workings within the extraction field; they also serve for ventilation and communication. At present, the development is concentrated mainly in dip-working panels.

The effectiveness of a board-and-pillar mining system is largely determined



Article info

Received September 23, 2019

Keywords:

underground mining, non-pillar seam mining, board-and-pillar mining system, extraction section

by the preparation scheme and the order in which the walls are operated. The latter determines the method of protection of the drifts, the intensity of impact on the support pressure of the mine, the location of the preparation workings relative to the boundaries of the worked-out space, the duration of their maintenance, and the control of gas and water discharge.

Known truths are the variability of mining conditions in the basin, at the mine and seam, the length of the extraction panel and the relationship of this with the form of manifestation of mining pressure. In addition, if in the production face, at the current level of its element base development, it is not possible to make adjustments to its parameters in the process of mining, then in the workings out at non-pillar seam development it is real. For this purpose, it is necessary to create scientific and technological support.

Введение. Анализ мирового уровня и тенденций развития технологий разработки и техники угледобычи

Одной из передовых и динамично развивающихся отраслей является угольная промышленность в США. Производительность труда, которая в прошлом веке составляла 1,9 т/чел-ч, за два десятилетия выросла до 5 т/чел-ч, при максимальной до 75 т/чел-смену. Общие геологические запасы угля в США превышают 4 трлн т, из которых с помощью имеющихся средств можно извлекать 285 млрд т [1].

В России разведанные запасы составляют 5 трлн т. Промышленные запасы составляют около 200 млрд т, из них около 100 млрд т соответствуют условиям высокоэффективной работе очистных забоев [2].

На долю открытых горных работ с США приходится около 60% добычи угля, в России – 64%, с прогнозом увеличения в ближайшие 20 лет до 75%.

Месторождения угля в США отличаются хорошей выдержанностью и преимущественно имеют пологое залегание пластов мощностью 1,7÷4 м и небольшую глубину, исключительно благоприятные горно-геологические условия (ГГУ) и климатические условия. Газовыделение не лимитирует объема добычи угля (табл. 1) [1].

Под благоприятными ГГУ понимается определенное их сочетание: одиночные пласты, расположенные на сравнительно небольшой глубине (100÷300 м), угол падения пласта 0°÷12°, мощность 1,7÷4 м, выдержанность по мощности и гипсометрии, отсутствие геологических нарушений, влияющих на производительность лавы, малая обводненность и газоопасность, устойчивая непосредственная кровля и средняя (по нагрузочным свойствам) основная кровля, прочная почва, отсутствие склонности пласта к газодинамическим явлениям. Для большинства шахт США, Австралии, ЮАР такие условия являются характерными.

В условиях месторождений России угольные пласты, залегающие в благоприятных условиях, встречаются крайне редко. Как правило, угольные месторождения представлены свитами сближенных пластов различной мощности, которые залегают в виде анти- и синклинальных складок, углы падения пластов в шахтном поле могут изменяться от пологих до наклонных и даже крутых, шахтные поля разбиты геологическими нарушениями различной амплитуды и видов, в том числе не переходимых мехкомплексами, что в значительной степени влияет на схемы раскройки выемочных полей и их параметры. Пласты в большинстве своем газоносные и часто обводненные, а также опасные по внезапным выбросам и горным ударам.

Глубина залегания пластов меняется от 200 до 1000 м [3].

Так, например, в 1998 г. в Российской Федерации 20,4% угля добыто из пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, 30,8% из сверхкатегорийных шахт, 75% – III категории, 19,4% – II категории и только 15,1% на негазовых шахтах, 44 шахты обрабатывали пласты, опасные по горным ударам [4].



Таблица 1. Горнотехнические характеристики основных месторождений угля в США

Компания	Шахта	Глубина залегания, м	Мощность пласта, м	Угол падения, градусов	Качество угля		
					Содержание		Теплотворная способность, Дж/кг
					серы, %	золы, %	
<i>Восточные месторождения</i>							
Сайпрос	Камберленд	270÷400	2,0/2,0	5	2,50	8	32600
Консол	Дилмос	150÷240	2,0/2,0	до 30	2,20	10	29800
R&P Коул	Шахта № 84	140÷220	1,7/1,7	10-20	< 1,6	6	30300
<i>Западные месторождения</i>							
Энерджи	Дир Крик	480÷670	3,6/3,0	< 5	< 0,4	10	27700
Арко	Вест Элк	180÷430	7,0/4,0	5	0,50	8	27500
Сайпрос	Твентимайл	180÷300	2,7/2,7	5-10	0,36	8-10	27200

Вскрытие угольных месторождений в США производится наклонной выработкой по породе или по пласту, реже вертикальным стволом, который используется для проветривания и доставки людей. Одновременно обрабатывается, как правило, только один пласт. Разработка пластов производится двумя системами разработки (СР): длинностолбовой (ДС) – 30% и камерно-столбовой (КС) – 70%.

При этом ДС систему разработки применяют только на крупных шахтах с добычей более 1 млн т в год. Большинство же шахт имеет производственную мощность от 90 до 600 тыс. т в год, на которых применяют КС систему разработки.

На шахтах Австралии основную добычу (95%) получают из пластов мощностью более 2 м в ГГУ, аналогичных условиям США, но с более высокой газообильностью. Длинностолбовая система разработки дает 70% добычи, остальной уголь идет из камерно-столбовой СР и из коротких лав длиной 25÷100 м. Сравнения показателей этих систем разработки приведены в табл. 2. [5].

На шахтах ЮАР в ГГУ, аналогичных условиям США, также применяются все три варианта технологий, их показатели работы приведены в табл. 3 [5], при этом 92,5% добычи приходится на камерно-столбовую систему разработки, это связано с наличием в кровле пластов мощных слоев песчаников, затрудняющих работу механизированных комплексов.

В России, как и в ряде ведущих в технологическом отношении угледобывающих стран, основное положение занимают различные варианты длинностолбовой системы разработки.

Анализ применимости систем разработки с учетом ГГУ и оценки технологичности запасов в основных угольных бассейнах страны показывают, что на перспективу до 2020 год 85÷90% добычи будет производиться ДССР – это пологие пласты, мощные, тонкие и средней мощности с благоприятными ГГУ соответствующим критериям высокой интенсивности и экономичности обработки, принятым в развитых странах, 10÷15% добычи отводится «периферийным» технологиям:

- коротколавная;
- камерно-столбовая;
- различные технологические схемы гидродобычи;
- различные технологические схемы разработки крутых мощных пластов.

Эти технологии будут приняты на участках пластов с ценными марками угля, в осложненных ГГУ и с ограниченными размерами.

Схемы подготовки выемочных столбов в основных угледобывающих странах приведены на рис. 1 [6].



Высокопроизводительная работа лав неглубоких шахт США, Австралии, ЮАР обеспечивается многоштрековой подготовкой выемочного столба (51% – трех- и 46% – четырехштрековой). Разделяются штреки неизвлекаемыми целиками (шириной до 30 м и более), несущая способность которых соответствует глубине разработки. Объем проведения подготовительных выработок при этом составляет 5÷8 м на 1 м подвигания очистного забоя. Эта схема позволяет на проходке использовать высокопроизводительное оборудование (комбайны, самоходные вагонетки, системы установки анкеров). При этом обеспечивается улучшенный доступ в лавы и вентиляция.

Таблица 2. Горнотехнические показатели на шахтах Австралии при различных технологиях отработки пластов

Показатели	Длинная лава	Короткая лава	Камерно-столбовая система
Длина очистного забоя, м	220	35	6
Суточная нагрузка, т	6500	3800	1200
Численность людей в забое, чел/сут.	8	32	28
Производительность труда ГРОЗ, т/вых.	171	118	43
Годовая добыча, млн. т	1,5	0,85	0,30
Капитальные затраты, млн долл.	20	8	3
Эксплуатационные расходы, %	100	150	250

Таблица 3. Горнотехнические показатели на шахтах ЮАР при различных технологиях отработки пластов

Показатели	Длинная лава	Короткая лава с мехкрепью и самоходным оборудованием	Камерно-столбовая с самоходными секциями крепи
Длина очистного забоя, м	150	58	58
Нагрузка на очистной забой, т/смену	1200	500	700
Сменная бригада, чел.	11	10	11
Эксплуатационные затраты, долл./т	5,93	8,62	5,48
Кап. затраты на очист. оборуд., млн долл.	6820	3130	1980
То же, на 1 т	7,58	8,35	4,08
Эксплуатационные потери угля, %	15	25	10-15

Традиционная европейская практика, которая широко применялась в Великобритании – это расположение лав рядом друг с другом.

Это связано с повторным использованием штрека предыдущей лавы или проходкой дополнительного штрека на расстоянии 0-5 м.

Данная схема требует применения металлической крепи и обуславливает значительный объем ремонтных работ. Сейчас в Англии отказались от таких схем и перешли на оставление межлавных целиков значительных размеров. Это решение позволяет осуществлять быструю



проходку с применением анкерного крепления и обеспечивает производительную работу очистных забоев.

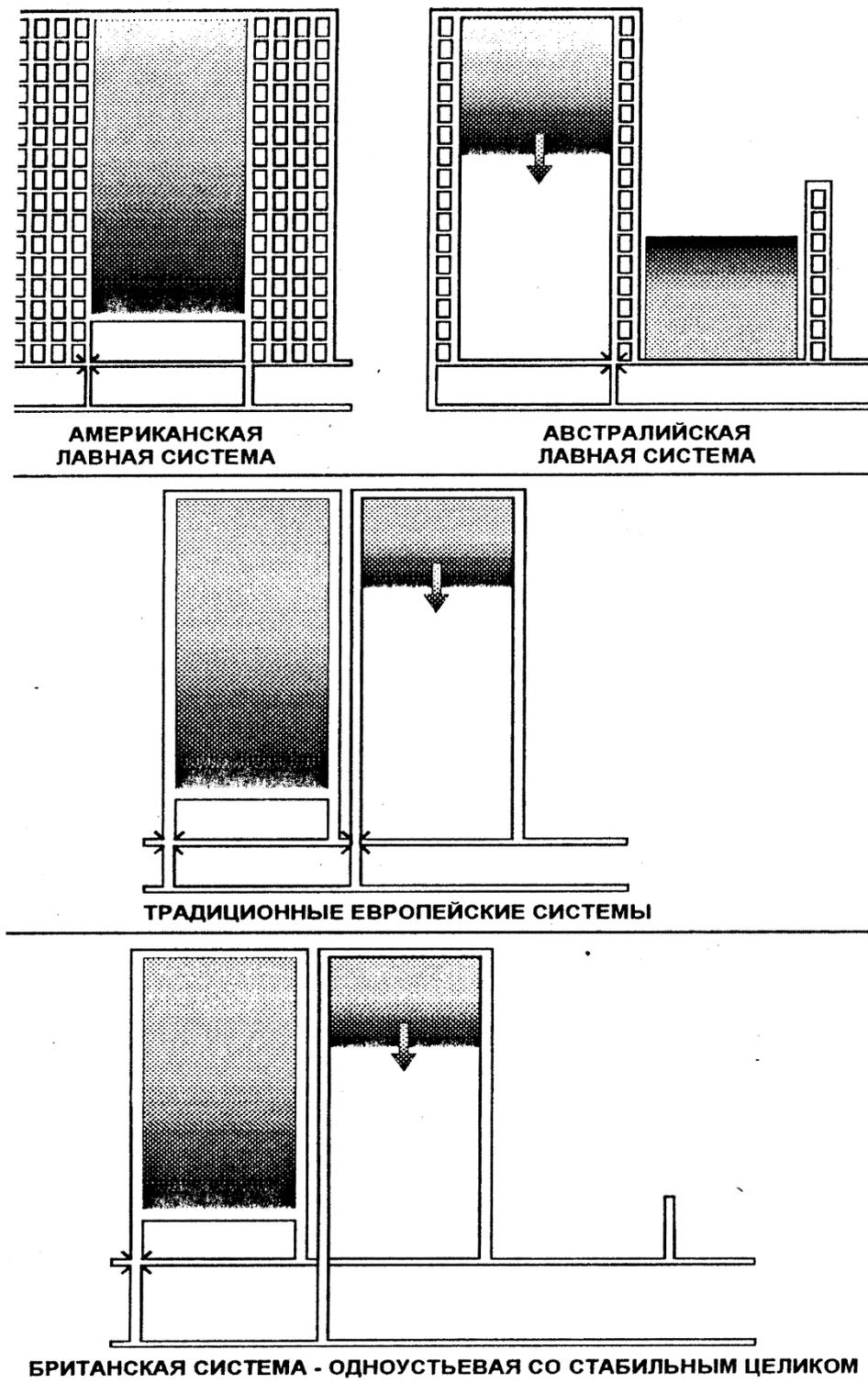


Рис. 1. Основные схемы подготовки и отработки выемочных столбов за рубежом

Такая схема подготовки и отработки с оставлением целиков шириной 50÷70 м и более считается приемлемой для шахт Великобритании, но не соответствует условиям и



обстоятельствам российских угольных шахт, прежде всего по критериям пожароопасности углей, оставляемых в целиках.

В угольных разработках промышленности Германии до последнего времени применялась бесцеликовая технология подготовки и отработки выемочных столбов с применением тяжелопрофильных рамных крепей и специальными дорогостоящими способами охраны. Попытки применения анкерного крепления при бесцеликовых схемах не увенчались успехом.

Многоштрековая подготовка неперспективна для российских шахт из-за сложности ГГУ: значительных углов падения, сближенного залегания пластов в свите, а также большой глубины горных работ, требующих оставления значительных межлавных целиков [7, 8].

Вместе с тем неперспективна в настоящем виде и бесцеликовая технология. Для высокопроизводительных лав (2÷3 млн т в год) она неприемлема в связи с необходимостью систематически вести ремонтные работы, перекрепления сопряжений лав.

Бесцеликовая технология применяется по следующим причинам: отказ от нее и переход на охрану выработок целиками приведет к дополнительным пожарам и взрывам, горным ударам, выбросам, проблемам наработки и подработки, т.е. во многих случаях альтернативы бесцеликовой технологии для российских шахт нет, поэтому необходимо ее коренное совершенствование.

Технологические и геомеханические аспекты формирования элементной базы бесцеликовой отработки пластов

Последние 30-35 лет одной из основных концепций угледобычи России и за рубежом являлась бесцеликовая отработка угольных пластов [9-12, 13-16].

Передовые угледобывающие страны – США, Австралия, ЮАР (кроме Германии) – отказались от этого направления и перешли на многоштрековую подготовку выемочных полей [6].

Ряд российских исследователей [7, 8, 17] сегодня также отмечает нецелесообразность применения бесцеликовой технологии в ее настоящем виде для высокопроизводительных лав (2÷3 млн т угля в год). Этот вывод основан на несоответствии скорости подвигания очистного забоя и темпов работ по охране сохраняемых выработок. Вместе с тем анализ эффективности повторного использования выработок [18] показал, что основной причиной является не техническая, а экономическая сторона.

В последние годы на шахтах Кузбасса бесцеликовые схемы отработки выемочных полей составляют более 30%. На шахтах Восточного Донбасса объем бесцеликовых способов охраны выемочных штреков в начале 2010-х гг. составил более 65%. В Печорском бассейне данная технология остается по-прежнему основной (около 90%).

Цифры говорят сами за себя – бесцеликовая технология является органической частью процесса добычи угля в России, и важнейшей задачей науки и практики остается ее совершенствование как ресурсосберегающей технологии, обеспечивающей снижение потерь угля в недрах.

Элементная база бесцеликовой технологии состоит из схемы (способа) подготовки и отработки выемочного поля, способа охраны выработки, расположенной на границе «массив – обрушенные породы», охраняющих устройств – специальных крепей для охраны выработок, а также способов крепления этих выработок и крепей.

Эффективность применения бесцеликовой отработки пластов (БОП) определяется возможностью элементной базы (ЭБ) приспособиться к горно-геологическим условиям, т.е. связана с вопросом выбора параметров ЭБ и их соответствия геомеханическим процессам смещений и разрушений массива пород на границе «массив – обрушенные породы». И с этой точки зрения поиск путей совершенствования ЭБ БОП остается актуальной задачей.

Рассмотрим в этом аспекте возможности современной ЭБ БОП. Приспособление данной технической системы ЭБ БОП, т.е. ее адаптация к изменяющимся горно-геологическим условиям и геомеханике складывается из набора технических приемов, которые можно разделить на два типа:



– первичные технологические приемы, связанные со способом подготовки и отработки выемочного поля, направлением движения очистного фронта, расположением выработки в пространстве, порядком отработки выемочных столбов в уклонном поле;

– вторичные – способы охраны и охраняющие устройства, способы крепления и крепи и способы воздействия на массив с целью придания ему желаемых свойств.

Правильность выбора приемов первого типа облегчает достижение цели при выборе второго.

Рассмотрим современное развитие первого типа приемов адаптации.

Вопрос выбора порядка отработки выемочных столбов в уклонном поле рассматривается сегодня только в случае значительных притоков. Известные исследования в этом направлении [10, 19] носят противоречивый характер. В работе [19] рекомендуется восходящий порядок отработки выемочных столбов на мощных пологих удароопасных и самовозгорающихся пластах, вместе с тем в работе [10] есть указание на отрицательное влияние восходящего порядка на состояние выработок при БОП. Автор статьи [17] недостаточно обоснованно утверждает, что восходящий порядок отработки имеет преимущество перед нисходящим только в условиях значительных притоков воды в лаву, ссылаясь на высокие первоначальные затраты. Т.е. технологические и геомеханические особенности восходящего порядка отработки выемочных столбов сегодня являются практически неисследованными.

Схемы подготовки и отработки выемочных полей

В Кузбассе применяются следующие схемы БОП:

- с сохранением выработки для повторного использования (рис. 2-а);
- с проведением выработки «вприсечку» к выработанному пространству (рис. 2-б);
- с проведением выработки с оставлением целика и последующим его извлечением одновременно с лавой (рис. 2-в);

Область применения этих схем определяется отраслевыми инструкциями [20-22].

Первая схема – повторное использование выработок рекомендуется на пластах мощностью до 3,5 м с легко- и среднеобрушающейся кровлей.

Вторая схема – с проведением выработки «вприсечку» рекомендуется в тяжелых горно-геологических условиях (большие глубины, большие мощности пластов, труднообрушаемые кровли), т.е. там, где применение первой схемы затруднено.

С точки зрения производителей рациональной является схема с сохранением выработки для ее повторного использования, т.к. она ускоряет подготовку очередного выемочного столба. Геомеханическое отличие этих двух схем БОП состоит в том, что схема с проведением выработки «вприсечку» позволяет избежать восприятия крепью части смещений пород [10, 23]. Важным технологическим недостатком этих схем БОП является ограничение их области применения в условиях значительных притоков воды (свыше 5 м³/ч) в очистной забой [20]. Применение этих схем в данных условиях требует дренажных работ в выемочном поле.

Способы охраны и охраняющие устройства

Способы охраны и охраняющие устройства применяются при схеме с сохранением и повторным использованием выработок [10, 21, 23-28]. Охрана выработок – это комплекс горнотехнических мероприятий, направленных на поддержание выработки в рабочем состоянии и соответствии с техническими условиями безопасной эксплуатации в течение срока службы. Положительный исход мероприятий по охране выработок зависит от ряда геологических и горнотехнических факторов: физико-механических свойств пород, угла падения и мощности пласта, трещиноватости и обводненности пород, глубины заложения, расположения охраняемой выработки по отношению к очистным работам и т.д. Основными факторами являются расположение выработки относительно очистных работ, напряженное состояние вмещающих пород и значения их физико-механических характеристик. Решение вопроса о выборе эффективного способа охраны следует начинать с выбора места расположения подготовительной выработки относительно очистных работ, т.е. с выбора схем подготовки выемочных столбов. Этот вопрос рассмотрен в работах [11-16, 20-23, 29, 30, 32].

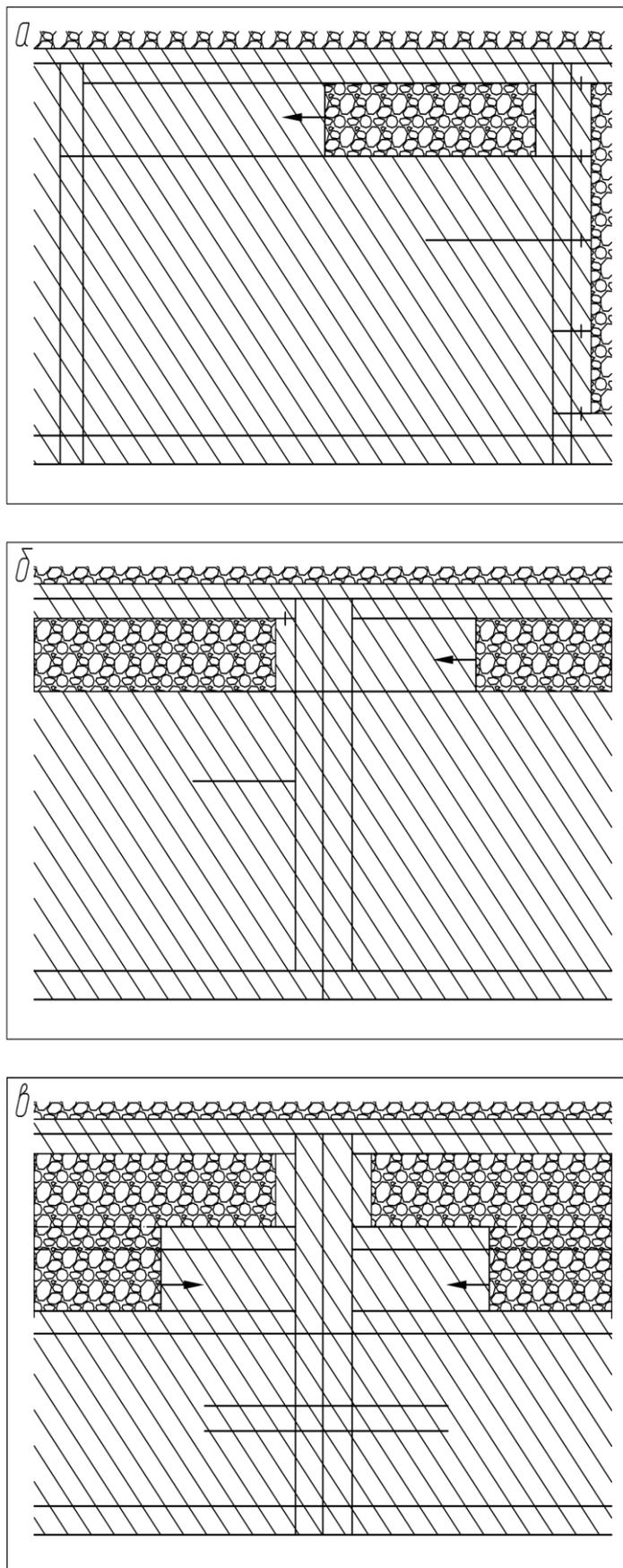


Рис. 2. Основные схемы бесцеликовой подготовки и отработки



В практике достаточно распространенным способом охраны подготовительных выработок является охрана угольными целиками. Однако применение его становится нерациональным по ряду причин:

- с увеличением глубины разработки увеличивается ширина целика, а следовательно, и потери угля;
- возрастает концентрация напряжений в целике, что усложняет поддержание выработок, отработку сближенных пластов;
- оставление целиков препятствует борьбе с горными ударами, внезапными выбросами угля и газа, самовозгоранием угля.

Увеличение ширины целика на больших глубинах связано с увеличением зон опорного давления, напряжением горных пород. Методы расчета целиков как охранного элемента, создающего концентрацию напряжений, совершенствуются. Барановский В.И., Весков М.И. [28] предложили рассчитывать целики с условием их полного разрушения.

Применение угольных целиков даже на малых глубинах (до 200 м), когда основным влияющим на устойчивость выработок фактором является сдвигание подработанных пород, экономически невыгодно [13, 15, 16, 33].

Наиболее рациональной схемой бесцеликовой подготовки и отработки выемочных полей является вариант с сохранением выработок на границе «массив – обрушенные породы» с помощью искусственных сооружений [23, 31, 34–38].

Основным недостатком этого варианта является несоответствие растущим темпам продвижения очистного забоя.

В этом плане одним из перспективных направлений охраны подготовительных выработок является охрана опорами высокой несущей способности с ограниченной податливостью: сборные ж/б тумбы, литые полосы. Наиболее значительный опыт применения сборных ж/б тумб накоплен в Донбассе [11, 28, 38, 39]. Однако в ряде случаев были получены отрицательные результаты и на некоторых шахтах отказались от их применения [28]. При слабых породах тумбы обыгрывались или вдавливались, а «обрез» кровли происходил по угольному массиву. При крепких породах тумбы разрушались. Увеличение плотности возведения тумб не дало результатов. Все это свидетельствует о том, что не определена достаточно точно область применения данного способа, хотя известны исследования в этом направлении [23, 34] и нормативные документы [22].

Наиболее технологичным и соответствующим современному уровню способом является охрана выработок литыми полосами из природного и искусственного ангидрида или блицдеммера с несущей способностью 10÷20 МПа [37, 40-44], однако и в этом случае результаты неоднозначны.

На шахте «Генрих Роберт» (Германия) возведение полосы из блицдеммера снизило пучение почвы и общую конвергенцию с 30% (при охране кострами) до 15% от высоты штрека. Противоположные результаты получены на шахте «Цольферайн 2/2», а также на некоторых других: при слабых почвах полоса смещалась внутрь штрека, увеличивалась интенсивность пучения. *Т.е. снова та же проблема – отсутствие критерия оценки применимости.* Одним из традиционных способов охраны выработок у нас и за рубежом являются костры в разнообразных вариациях.

На шахтах Бельгии выработки крепятся металлической аркой, установленной на костры, заполненные породой [44]. В Донбассе также имеется положительный опыт использования костров в качестве опор для арочных верхняков [46].

Костры, заполненные породой, обладают значительной грузонесущей способностью и податливостью до 50% [45, 46, 48] и дают положительные результаты на пластах со слабыми, пучащими почвами, а также на труднообрушаемых или склонных к плавному опусканию кровлях [30, 46].

На многих шахтах Германии вдоль сохраняемых выработок устанавливают деревянные костры, причем на пластах мощностью до 2 м применяют мягкую древесину, а при большей – жесткую [36, 42].



Отечественный опыт применения костровой крепи показывает, что этот способ может эффективно применяться в сочетании с другими: ж/б тумбами [34], органическими рядами [15, 23 и др.].

Наиболее распространенным искусственным сооружением, используемым при охране выработок, является органическая крепь.

Исследования, проведенные на шахтах Воркутинского месторождения, показали, что более благоприятные условия для поддержания создаются при охране выработок органическими рядами (чем бутовой полосой, чурковой стенкой или кострами) [23, 49]. К такому же выводу приходят ученые, проводящие наблюдения в других бассейнах страны и за рубежом [15, 23].

В ряде работ [23, 31, 34, 35] рассматривается вопрос сохранения выработок для повторного использования без специальных дорогостоящих искусственных сооружений. Шпрут Ф.К. [36] исследовал возможность сохранения штрека созданием породной подушки вокруг крепи и получил те же результаты, что и при охране выработок кострами.

На ряде шахт проводились испытания способа охраны крепью, устанавливаемой в контуре выработки [10]. Опыт показал, что это выгодно – трудоемкость снижается в 2÷3 раза.

В практике довольно часто встречается проведение выработки с оставлением целика небольшого размера от 1 до 3 м – этот способ, как отмечают многие исследователи [15, 23, 30], только ухудшает состояние выработок, т.к. уголь в целике быстро раздавливается и деформирует крепь.

Как видно из сказанного, возведение охраняющего устройства связано со значительными материальными и трудовыми затратами, вся работа, как правило, выполняется вручную.

В этом плане возведение жестких литых полос механизированным способом является прогрессивным направлением. Позволяет уменьшить долю тяжелого ручного труда и охрана выработок рядами из гидротумб, перенос которых осуществляется специальным краном [10].

Существенным технологическим и геомеханическим изъяном современных способов охраны выработок является производство работ на сопряжении с лавой. Доставка материалов, размещение оборудования, сами работы нарушают ритм и сдерживают добычу, а установка ОУ в 3-6 м от забоя лавы под разрушенную кровлю малоэффективна, несмотря на соответствие нормативным документам [21, 22].

Зачастую безремонтное поддержание повторно используемых выработок остается декларативным, т.к. нет критерия оценки эффективности способа охраны по данному фактору.

Все это связано с многообразием горно-геологических условий, сложностью однозначного выбора способа охраны.

Таким образом, необходимо углублять геомеханические исследования для установления важнейших параметров способов охраны и охраняющих устройств, позволяющих воздействовать на смещения пород.

Способы крепления и конструкции крепей

Крепь выработки является последним звеном элементной базы, определяющим работоспособность технологической системы. Современные крепи подготовительных выработок представляют собой рамные конструкции арочной или трапециевидной формы, устанавливаемой в сечении выработок, как правило, вручную [9, 10, 22, 50]; они рассчитаны на работу в условиях равномерных контурных нагрузок и смещений.

Расположение выработок на границе «массив – обрушенные породы» предъявляет к способам крепления и конструкциям крепей новые требования – восприятие неравномерных нагрузок и смещений. Кроме того, изменчивость ГГУ – мощности пласта, угла падения, состава кровли и ее прочностных свойств по трассе выработки – вызывает изменение направления движения на ее контуре. Например, при увеличении угла падения пласта возрастут смещения обрушенных пород в выработку. Изменение гипсометрии пласта и соответствующий этому наклон оси выработки вызывает продольные смещения кровли и обрушенных пород. Возрастание прочностных характеристик пород кровли связано с увеличением длины нависающей консоли, а следовательно, с неравномерностью смещений в сечении выработки.



Т.е. существующие конструкции крепей: КМП-1, КМП-3, КМПС, КВВ, МИК, АП и другие способы крепления не имеют адаптивных параметров, позволяющих учитывать изменение эксплуатационных условий для крепи выработки при бесцеликовой технологии. Усиление же крепи дополнительными элементами данных конструкций неизбежно вносит изменения в распределение несущей способности и ведет к ее деформированию.

Другим существенным недостатком современных способов крепления и конструкций крепей является отсутствие податливости по почве пласта, т.е. отсутствует возможность компенсации смещений со стороны пласта и обрушенных пород.

Таким образом, очевидно, что необходима разработка новых способов крепления и крепей с гибкими конструктивными и технологическими параметрами, позволяющими приспособляться к изменениям горно-геологических и геомеханических условий.

Современное представление о геомеханическом взаимодействии элементов технологической системы бесцеликовой отработки пластов

Современное представление о природе горного давления и сдвижения горных пород возникло и получило развитие в трудах Протодяконова М.М. [50], Авершина С.Г. [51], Динника А.Н. [52], Давидянца В.Т. [53], Слесарева В.Д. [54], Руппенейта К.В. [55], Лабасса А. [56], Максимова А.П. [57], Кузнецова Г.Н. [58], Якоби О. [25], Феннера Р. [59].

Аналитический подход к вопросам исследования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности выработки базируется на известных положениях теории упругости Мусхелишвили Н.И. [60], на исследованиях упругопластической среды Аннина Б.А. [61], Ержанова Ж.С. [62], исследованиях методами механики сыпучих сред Шемякина Е.И., Стажевского С.Б., Ревуженко А.Ф. [63-65] и других.

К сожалению, аналитические решения, применяемые в горном деле, позволяют получить сегодня только качественную картину, требующую дополнительных исследований при применении их в конкретных ГГУ.

Большое значение на современном этапе развития горной науки имеют экспериментально-аналитические методы. Заславским Ю.З. разработан метод расчета смещений кровли в выработке [66]. Черняком И.Л. создан вероятностно-статистический метод прогноза смещений выработки и оценки ее устойчивости с использованием формулы Байеса, интервал же искомых смещений определяется по максимуму значений полной вероятности [67].

Используя метод множественной корреляции, Гелескул М.Н., Усан-Подгорнов Б.М. в различных ГГУ получили зависимости смещений кровли и боков выработок [68]. Аналогичные зависимости получены для условий Карагандинского бассейна [69-71].

Грицко Г.И., Цыцаркиным В.Н. разработан метод исследования напряженно-деформированного состояния массива вокруг выработки по полученным зависимостям смещений от различных факторов [72, 73].

Следует отметить, что все эти исследования выполнены для выработок, расположенных в массиве, и не могут быть адекватно применены для выработок при бесцеликовой отработке в силу специфики проявления горного давления.

Современное представление о проявлениях горного давления в подготовительных выработках, расположенных на границе «массив – обрушенные породы», базируется на некоторой аналогии с горным давлением в очистном забое, гипотезы которого изложены в трудах Борисова А.А. [74], Петухова И.М., Линькова А.М. [75], Федорова Н.А. [76], Михайлова В.Н. [77] и др.

Исследование вопроса сдвижения и разрушения массива пород в окрестности границы «массив – обрушенные породы» тесно связано с проблемами уменьшения объема подготовительных работ, безремонтного повторного использования выработок, которые, в свою очередь, являются важным фактором повышения эффективности добычи угля. Это направление получило развитие в работах Ардашева К.А., Бажина Н.П. [78], Черняка И.Л. [9], Изакона В.Ю. [79], Худина Ю.Л. [10], Фисенко Г.Л. [45], Михеева О.В. [80], Жарова А.И. [12], Морозова Ю.И. [81], Гапановича Л.Н. [82], Жарикова Е.Д. [83] и других.



В работе Михеева О.В. [80] для расчета податливости крепи присечных выработок использована гипотеза горного давления Борисова А.А. и получена соответствующая зависимость.

Ардашевым К.А., Бажиным Н.П. [78] дается анализ напряженно-деформированного состояния пласта и вмещающих пород с учетом ГГУ, и на этой основе рекомендуется способ охраны и крепь для выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы».

В работах [12, 82] на базе натуральных наблюдений разработаны методы расчета нагрузки на постоянную крепь выработки, сохраняемой на контакте с обрушенными породами, в основе которых лежит гипотеза Протодьяконова М.М.

В работе [79] Ержанов Ж.С., Изаксон В.Ю. с помощью метода упругого наложения исследовали зоны нарушения сплошности (ЗНС) при различных способах охраны, в том числе и при расположении выработки на границе «массив – обрушенные породы» и пришли к выводу, что ЗНС существенно уменьшаются при увеличении целика до 5-6 м.

Черняком И.Л. [9, 24] исследуется взаимосвязь смещений пород над выработкой и коэффициента расширения пород с учетом литологического состава пород кровли, разработана классификация пород кровель по механизму деформирования, а также рекомендации по выбору способа охраны подготовительных выработок на глубоких шахтах. Следует отметить, что здесь не учитывается полная картина процессов, происходящих в массиве пород и пласте вокруг выработки.

В работах Стажевского С.Б. [64], Сапожникова В.Т. [84], Хаимовой-Мальковой Р.И. [85] аналитическими методами исследуется напряженно-деформированное состояние краевой части пласта с точки зрения динамических проявлений горного давления. Якоби О. [25] при исследованиях на эквивалентных материалах получил статические зарисовки состояния массива, вмещающего выработку.

Во всех вышеперечисленных работах, а также в [26, 32, 86-88], исследуются отдельные фрагменты процесса адаптации массива к техногенному воздействию, по которым сложно воссоздать пространственно-временную картину взаимосвязи смещений и разрушений массива пород и краевой части пласт. Следовательно, сложно и получить причинно-следственные зависимости, позволяющие установить обратную связь, через параметры систем разработки, способов подготовки выемочного столба, способов охраны и крепления выработки.

Выводы

Проблема гибкости параметров элементной базы бесцеликовой технологии освещена фрагментарно и без учета пространственно-временных горно-геологических и геомеханических изменений массива на границе «массив–обрушенные породы»:

1. Существующие схемы бесцеликовой подготовки и отработки выемочных столбов имеют ограничение по притоку воды до 2 м³/ч, т.к. в уклонных полях применяются только нисходящий порядок отработки; влияние восходящего порядка отработки на геомеханические характеристики массива, на технологические параметры: схему подготовки и проветривания, на состояние выработки, практически не изучено.

2. Сохранение выработки для повторного использования является негативным фактором, сдерживающим интенсивное подвигание очистного забоя. Необходима разработка новых технических решений, позволяющих разобщить во времени и пространстве оба технологических процесса.

3. Во всех современных технологиях охраны выработок для повторного использования осуществляется возведение охраняющих устройств в 3-5 м за лавой – в зоне интенсивного сдвижения и разрушения пород кровли. При этом выбор средств охраны производится, как правило, по одному параметру – несущей способности охраняющего устройства, и, как следствие, наблюдается отрицательный результат и дополнительные затраты на ремонт и перекрепку, то есть необходима разработка критериев оценки возможности достижения безремонтного поддержания, для чего необходимо исследование пространственно-временных закономерностей процесса смещений и связанных с ними зон разрушения пород и краевой части пласта.



4. Крепи выработок, применяемые при подготовке выемочных столбов с оставлением целика, перенесены без конструктивных изменений в новую геомеханическую зону – «массив – обрушенные породы», требующую разработки новых способов крепления и конструкций крепей с кинематическими и силовыми параметрами соответствующими данным условиям эксплуатации.

Список источников

1. Угольная промышленность США глазами немецких специалистов // Уголь. – 1997. – № 3. – С. 69-74.
2. Задачи научного обеспечения реструктуризации угольной промышленности / А.Б. Яновский [и др.] // Уголь. – 1998. – № 1. – С. 13-18.
3. Ардашев, К.А. Основные положения оценки технологичности запасов шахтных полей и разработки регламента высокопроизводительной работы лав с мехкомплексами / К.А. Ардашев, М.А. Розенбаум, С.Г. Баранов // Уголь. – 1999. – № 10. – С. 20-23.
4. Перспективы развития подземной угледобычи на шахтах Российской Федерации / И.Б. Балашов [и др.] // Уголь. – 2000. – № 11. – С. 13-19.
5. Крашкин, И.С. Оценка целесообразности внедрения камерно-столбовой системы разработки на шахтах Российской Федерации / И. С. Крашкин, А.В. Брайцев, С.В. Шатиоров // Уголь. – 1998. – № 3. – С. 21-25.
6. Лиминг, Ж. Скоростная подготовка штреков для высокопроизводительных лав глубоких шахт / Ж. Лиминг [и др.] // Уголь. – 1998. – № 1. – С. 56-60.
7. Гринько, Н.К. Обеспечение нагрузки на очистной забой 2-3 млн. т угля в год на шахтах России / Н.К. Гринько, Л.Н. Гапанович, О.Б. Батулин // Уголь. – 1998. – № 5. – С. 15-18.
8. Коровкин, Ю.А. Дешевый уголь и повышенная безопасность в системе технологической и структурной перестройки шахт / Ю.А. Коровкин, В.А. Бураков // Уголь. – 1999. – № 5. – С. 22-27.
9. Черняк, И.Л. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л. Черняк, Ю.И. Бурчаков. – М.: Недра, 1984. – 304 с.
10. Бесцеликовая отработка пластов / Ю.Л. Худин [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
11. Дворецкий, Н.М. Исследование и совершенствование технологии очистных работ на пологих пластах Ленинского района Кузбасса : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1983. – 14 с.
12. Жаров, А.И. Исследование и совершенствование системы разработки длинными столбами с повторным использованием выемочных выработок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1976. – 15 с.
13. Никитин, В.Д. Разработка пологих и наклонных пластов / В. Д. Никитин [и др.]. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
14. Лебедев, Б.К. Опыт подготовки и отработки выемочных полей без оставления межлавных целиков угля на шахтах Кузбасса / Б. К. Лебедев, М. И. Середенко // Уголь. – 1973. – № 7. – С. 5-9.
15. Разработать технологию и создать средства комплексной механизации добычи угля из мощных пологих пластов более 3,5 м с углами падения до 35° и обеспечить их внедрение на шахтах Кузбасса : отчет о НИР / Кузнец. науч.-исслед. угол. ин-т. (КузНИУИ) ; рук. Середенко М.И. – Прокопьевск, 1974. – 147 с. – № 72043362.
16. Дворецкий, Н.М. Развитие бесцеликовой технологии подготовки и отработки пологих пластов на шахтах ПО «Кузбассуголь» // Технология добычи угля подземным способом : реф. сб. / ЦНИЭИУголь. – 1976. – № 11. – С. 13-16.
17. Гапанович, Л.Н. Предлагаемая технология должна быть обоснована / Уголь. – 1999. – № 5. – С. 28-29.
18. Жданкин, Н.А. Оценка эффективности повторного использования выработок на шахтах ассоциации «Ленинскуголь» / Н.А. Жданкин, А.В. Ремезов, М.Н. Клавдиенко // Уголь. – 1992. – № 9. – С. 37-40.
19. Золотых, С.С. Прогноз и предотвращение горных ударов при разработке мощных пологих пластов, склонных к самовогоранию : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1988. – 17с.
20. Прогрессивные технологические схемы разработки на угольных шахтах : утв. Министерством угольной промышленности 19.05.79. – М., 1979. – Ч. 1-2.
21. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию подготовительных выработок на угольных шахтах СССР : утв. Министерством угольной промышленности 26.12.84. – Л., 1986. – 221 с.



22. Прогрессивные паспорта крепления, охраны и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов : утв. Министерством угольной промышленности 16.01.84. – Л., 1985. – 112 с.
23. Охрана подготовительных выработок без целиков / Н.П. Бажин [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 294 с.
24. Черняк, И.Л. Геомеханические основы повторного использования выработок // Уголь. – 1978. – № 5. – С. 3-6.
25. Якоби, О. Практика управления горным давлением. – М.: Недра, 1987. – 565 с.
26. Заславский, И.Ю. Исследование механизма деформирования горного массива при охране подготовительных выработок литыми полосами / И.Ю. Заславский, Н.В. Тихонова, А.Г. Файвишенко // Совершенствование технологии добычи угля на шахтах Донбасса. – Донецк, 1986. – С. 130-140.
27. Диманштейн А.С., Чакветадзе Ф.А. Пути расширения повторного использования выемочных выработок // Науч. сообщ. / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – 1985. – Вып. 243. – С. 85-88.
28. Барановский, В.И. О размерах предохранительных целиков угля для глубоких шахт / В.И. Барановский, М.И. Весков // Уголь. – 1966. – №1. – С. 22-27.
29. Оценка эффективности технологических схем очистной выемки с прямоточным проветриванием на вентиляционный штрек в выработанном пространстве / А.В. Брайцев [и др.] // Технология добычи угля подземным способом: науч.-техн. реф. сб. / ЦНИЭИуголь. – 1985. – № 2. – С. 25-27.
30. Симанович, А.М. Охрана выработок на глубоких горизонтах / А.М. Симанович, М.А. Сребный // М.: Недра, 1976. – 144 с.
31. Диманштейн, А.С. Характер обрушения пород кровли вокруг выемочных выработок при подвигании очистного забоя / А.С. Диманштейн, Ф.А. Чакветадзе // Науч. сообщ. ин-та горн. дела им. А.А. Скочинского. – 1984. – Вып.224. – С. 35-40.
32. Пруст, А. Выбор оптимального расположения подготовительных выработок, их использование и поддержание // Международный горный конгресс, Москва, июль 1967. – М., 1968. – С. 76-87.
33. Кардаков, В.Е. Опыт охраны откаточных штрехов железобетонными тумбами / Уголь. – 1964. – №6. – С. 25-28.
34. Хаарман, К. Улучшение состояния выемочных штеков с помощью ангидритовой полосы / К. Хаарман, Э. Вагнер // Глюкауф. – 1970. – №22. – С.21-24.
35. Нужно ли дополнительно предохранять выемочные штреки? //Глюкауф – 1969. – №20. – С.14-22.
36. Воскобоев, Ф.Н. Бесцеликовое поддержание подготовительных выработок на глубоких шахтах Рурского бассейна ФРГ // Добыча угля подземным способом: Науч.-техн. реф. сб. ЦНИИ экономики и НТИ угол. пром-ти (ЦНИЭИуголь). – М. – 1977. – №4. – С. 40-46.
37. Федько, А.М. Об охране штрехов железобетонными тумбами / Уголь. – 1971. – №4. – С. 13-16.
38. Панов, В.И. Выбор рациональных способов охраны подготовительных выработок в условиях на шахтах Донбасса / В.И. Панов, А.В. Чернявский // Технология добычи угля подземным способом: Реф. сб ЦНИИ экономики и НТИ угол. пром-ти (ЦНИЭИуголь). – М. – 1976. – №10. – С. 12-14.
39. Генте, М. Возведение околоштреховых полос из гидравлических вяжущих материалов / Глюкауф. – 1971. №2. – С. 13-24.
40. Генрих, Ф. Опыт возведения околоштреховых полос из блицдеммера / Глюкауф. – 1971. – №13. – С. 16-34.
41. Ланге, Г. Опыт возведения околоштреховых полос из блицдеммера / Г. Ланге, Б. Раус // Глюкауф. – 1971. – №13. – С. 35-40.
42. Кремер, В. Жесткие околоштреховые полосы увеличивают полезное сечение выемочных штрехов / Глюкауф. – 1972. – №22. – С. 25-28.
43. Рациональное расположение, охрана и крепление выемочных штеков глубоких шахт / А.М. Ильштейн, Е.А. Мельников, А.С. Диманштейн, А.А. Журило // Уголь. – 1968. –№11. – С. 40-42.
44. Гефрой, Х.Ю. Сравнение способов поддержания выемочных штрехов / Глюкауф. – 1972. – №22. – С. 20-25.
45. Фисенко, Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976. – 272 с.
46. Диманштейн, А.С. Исследование и выбор эффективных способов охраны и крепление выемочных штрехов на глубоких шахтах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1966. –18 с.
47. Штумпф, Г.Г. Влияние различных способов охраны подготовительных выработок в условиях шахт Осинниковского района Кузбасса // Горное давление в капитальных и подготовительных выработках: (Материалы семинара 12-13 окт.1970 г.) – Новосибирск. – 1971. – С.101-110.
48. Добрица, Д.И. Исследование и выбор рациональных способов охраны подготовительных выработок без целиков угля в условиях Воркутинского месторождения : Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М.,1974. – 19 с.



49. Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт : Утв. Министерством угольной промышленности 14.06.84. – М., 1985. – 147 с.
50. Протождяконов, М.М. Давление горных пород и рудничное крепление. – М.: Гостехиздат. – 1930-1933. – Ч. 1-2.
51. Авершин, С.Г. Сдвигение горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
52. Динник, А.Н. Распределение напряжений вокруг горных выработок / А.Н. Динник, А.Е. Коргаевский, Г.Н. Савин // Труды совещания по управлению горным давлением. М., Л. – 1938. – С. 7-55.
53. Давидянц, В.Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей и крепления на шахтах Донецкого бассейна. М., Госгортехиздат. – 1976. – 144 с.
54. Слесарев, В.Д. Управление горным давлением при разработке угольных пластов Донецкого бассейна. М., Л., Углетехиздат, 1952. – 380 с.
55. Руппнейт, К.В. Некоторые вопросы механики горных пород. – М.: Углетехиздат, 1954. – 384 с.
56. Лабасс, А. Давление сдвижения пород: Докл. Междунар. конф. по горн. давлению, Льеж, 1951 / Пер. с фр. М. Д. Киреева. – М., 1976. – 144 с.
57. Максимов, А.П. Выдавливание горных пород и устойчивость подземных выработок. – М., Госгортехиздат, 1963. – 144 с.
58. Кузнецов, Г.Н. О механизме взаимодействия боковых пород в очистных выработках пологопадающих угольных пластов // Исследование горного давления применительно к механизированным крепям. – М., 1954. – С. 78-112.
59. Феннер, Р. Исследования горного давления. В кн. Вопросы теории горного давления. – М., Госгортехиздат. – 1961. – С. 5-19.
60. Мухелишвили, Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Основные уравнения. Плоская теория упругости. Кручение и изгиб. – М.: Наука. – 1966. – 707 с.
61. Аннин, Б.Д. Двумерные упругопластические задачи. – Новосибирск, 1968. – 120 с.
62. Ержанов, Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложения. – Алма-Ата: Наука, 1964. – 175 с.
63. Шемякин, Е.А. Две задачи механики горных пород, связанные с освоением глубоких месторождений руды и угля / ФТПРПИ. – 1975. – №6. – С. 29-45.
64. Стажевский, С.Б. Приложения механики сыпучих сред к решению некоторых задач механики горных пород / ФТПРПИ. – 1987. – №3. – С. 3-11.
65. Ревуженко, А.Ф. Задачи механики сыпучих сред в горном деле / А.Ф. Ревуженко, С.Б. Стажевский, Е.А. Шемякин // ФТПРПИ. – 1982. – №3. – С. 19-25.
66. Заславский, Ю.З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках шахт Донецкого бассейна. – М.: Недра, 1966. – 180 с.
67. Черняк, И.Л. Прогноз смещений кровли и почвы выработок, охраняемых бутовыми полосами / Сб. «Научные основы создания высокопроизводительных и автоматизированных шахт». – М., 1969. – С. 45-49.
68. Гелескул, М.Н. Результаты исследований смещений пород в подготовительных выработках с целью установления горнотехнических параметров крепи / М.Н. Гелескул, Б.М. Усан-Подгорнов // Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского. – 1972. – Вып.97. – С. 9-13.
69. Коренной, О.П. Количественная оценка влияния очистных работ на подготовительные выработки в Карагандинском бассейне / О.П. Коренной, А.О. Спроге // Тр. ВНИИ горной геомеханики и маркшейдер. дела (ВНИМИ). – М., 1984. – Сб.53. – С. 146-149.
70. Ардашев, К.А. Расчет величин смещений в полевых штреках на шахтах Карагандинского бассейна / К.А. Ардашев, А.О. Спроге // Тр. ВНИИ горной геомеханики и маркшейдер. дела (ВНИМИ). – М., 1972. – Сб. 85. – С. 61-70.
71. Кейрович, Е.Н. Прогнозирование смещений боковых пород в пластовых штреках на шахтах Чурубай-Нурунского района / Научн. тр. Всесоюз. науч.-исслед. и проектно-конструкт. угол. ин-та (КНИУИ). – 1972. – Вып.44. – С. 229-235.
72. Грицко, Г.И. Горное давление в подготовительных выработках мощных крутых пластов / Г.И. Грицко, В.Н. Цыцаркин // Новосибирск: Наука. – 1982. – 86 с.
73. Экспериментально-аналитическое определение напряженно-деформированного состояния массива вокруг полевого штрека, подверженного влиянию очистных работ / Г.И. Грицко, В.С. Акимов, В.Н. Цыцаркин, Ю.С. Охотников // Аналитические методы и вычислительная техника в механике горных пород. – Новосибирск, 1971. – С. 99-107.
74. Борисов, А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. – М.: Недра, 1964. – 278 с.



75. Защитные пласты / И.М. Петухов, А.М. Линьков, И.А. Фельдман [и др.]. – Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1972. – 123 с.
76. Федоров, Н.А. Расчет смещений в лавах пологих пластов / Н.А. Федоров, В.Л. Назин // Сб. науч. тр./ Кузбас. политехн. ин-т. – 1974. – № 68. – С.29-42.
77. Михайлов, В.Н. О смещении и разрушении пород кровли / В.Н. Михайлов, Е.А. Бобер // Сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – 1974. – №68. – С.43-53.
78. Ардашев, К.А. Геомеханические основы выбора и совершенствования бесцеликовых способов охраны и поддержания подготовительных выработок / К.А. Ардашев, Н.П. Бажин // Уголь. – 1976. – №9. – С.21-31.
79. Ержанов, Ж.С. Комбайновые выработки шахт Кузбасса / Ж.С. Ержанов, В.Ю. Изаксон // Кемерово, 1976. – 216 с.
80. Михеев, О.В. Исследование проявлений горного давления в присечных выработках угольных пластов средней мощности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1974. – 15 с.
81. Морозов, Ю.И. Исследование и разработка рациональных способов охраны подготовительных выработок при бесцеликовых схемах отработки мощных пологих пластов Кузбасса: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1978. – 12 с.
82. Гапанович, Л.Н. Исследование проявлений горного давления для рационального проведения выработок вприсечку к выработанному пространству / Л.Н. Гапанович, В.И. Златкин, А.Н. Мамонтов // Уголь. – 1975. – №11. – С. 11-15.
83. Жариков, Е.Д. Исследование проявлений горного давления в подрабатываемых выработках и установление параметров их рационального расположения и крепления: (На примере пологого и наклонного падения пластов Кузбасса): Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1980. – 16 с.
84. Сапожников, В.Т. Предельно-напряженное состояние угольного пласта / ФТПРПИ. – 1988. – №3. – С.56-60.
85. Хаимова-Малькова, Р.И. Распределение напряжений и деформаций в краевой части угольного пласта при наличии неоднородностей // Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского. – 1985. – Вып. 244. – С. 50-55.
86. Дудукалов, В.П. Определение мощности толщи, нагружающей оградительно-поддерживающие полосы при сохранении выработок для повторного использования / Технология подземной разработки месторождений: Межвуз. научн. тематич. сб. Свердлов. горн. ин-та. – Свердловск, 1985. – С. 39-43.
87. Черняк, И.Л. Формирование опорного давления в подготовительных выработках / И.Л. Черняк, Ю.В. Фомин // Уголь. – 1988. – №1. – С. 14-18.
88. Горное давление, сдвигение горных пород и методика маркшейдерских работ. Общие методические положения комплексного исследования проблем горной механики / ВНИИ горной геомеханики и маркшейдер. дела (ВНИМИ): Сб.81. – Л., 1970. – С. 333.

References

1. Ugol'naya promyshlennost' SShA glazami nemetskikh spetsialistov // Ugol'. – 1997. – № 3. – S. 69-74.
2. Zadachi nauchnogo obespecheniya restrukturizatsii ugol'noy promyshlennosti / A.B. Yanovskiy [i dr.] // Ugol'. – 1998. – № 1. – S. 13-18.
3. Ardashev, K.A. Osnovnye polozheniya otsenki tekhnologichnosti zapasov shakhtnykh poley i razrabotki reglamenta vysokoproizvoditel'noy raboty lav s mekhkompleksami / K.A. Ardashev, M.A. Rozenbaum, S.G. Baranov // Ugol'. – 1999. – № 10. – S. 20-23.
4. Perspektivy razvitiya podzemnoy ugledobychi na shakhtakh Rossiyskoy Federatsii / I.B. Balashov [i dr.] // Ugol'. – 2000. – № 11. – S. 13-19.
5. Krashkin, I.S. Otsenka tselesoobraznosti vnedreniya kamerno-stolbovoy sistemy razrabotki na shakhtakh Rossiyskoy Federatsii / I. S. Krashkin, A.V. Braytsev, S.V. Shatirov // Ugol'. – 1998. – № 3. – S. 21-25.
6. Liming, Zh. Skorostnaya podgotovka shtrekov dlya vysokoproizvoditel'nykh lav glubokikh shakht / Zh. Liming [i dr.] // Ugol'. – 1998. – № 1. – S. 56-60.
7. Grin'ko, N.K. Obespechenie nagruzki na ochistnoy zaboy 2-3 mln. t uglia v god na shakhtakh Rossii / N.K. Grin'ko, L.N. Gapanovich, O.B. Baturin // Ugol'. – 1998. – № 5. – S. 15-18.
8. Korovkin, Yu.A. Deshevyy ugol' i povyshennaya bezopasnost' v sisteme tekhnologicheskoy i strukturnoy perestroyki shakht / Yu.A. Korovkin, V.A. Burakov // Ugol'. – 1999. – № 5. – S. 22-27.
9. Chernyak, I.L. Upravlenie gornym davleniem v podgotovitel'nykh vyrabotkakh glubokikh shakht / I.L. Chernyak, Yu.I. Burchakov. – М.: Nedra, 1984. – 304 s.
10. Bestselikovaya otrabotka plastov / Yu.L. Khudin [i dr.]. – М.: Nedra, 1983. – 280 s.



11. Dvoretzkiy, N.M. Issledovanie i sovershenstvovanie tekhnologii ochistnykh rabot na pologikh plastakh Leninskogo rayona Kuzbassa : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1983. – 14 s.
12. Zharov, A.I. Issledovanie i sovershenstvovanie sistemy razrabotki dlinnymi stolbami s povtornym ispol'zovaniem vyemochnykh vyrabotok : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1976. – 15 s.
13. Nikitin, V.D. Razrabotka pologikh i naklonnykh plastov/ V. D. Nikitin [i dr.] – M. : Nedra, 1976. – 248 s.
14. Lebedev, B.K. Opyt podgotovki i otrabotki vyemochnykh poley bez ostavleniya mezhlavnykh tselikov uglia na shakhtakh Kuzbassa / B. K. Lebedev, M. I. Seredenko // Ugol'. –1973. – №7. –С. 5-9.
15. Razrabotat' tekhnologiyu i sozdat' sredstva kompleksnoy mekhanizatsii dobychi uglia iz moshchnykh pologikh plastov bolee 3,5 m s uglami padeniya do 35° i obespechit' ikh vnedrenie na shakhtakh Kuzbassa : otchet o NIR / Kuznets. nauch.-issled. ugol. in-t. (KuzNIUI) ; ruk. Seredenko M.I. – Prokop'evsk, 1974. – 147 s. – № 72043362.
16. Dvoretzkiy, N.M. Razvitie bestselikovoy tekhnologii podgotovki i otrabotki pologikh plastov na shakhtakh PO «Kuzbassugol'» // Tekhnologiya dobychi uglia podzemnym sposobom : ref. sb. / TsNIEIugol'. – 1976. – № 11. – С. 13-16.
17. Gapanovich, L.N. Predlagaemaya tekhnologiya dolzhna byt' obosnovana / Ugol'. – 1999. – № 5. – S. 28-29.
18. Zhdankin, N.A. Otsenka effektivnosti povtornogo ispol'zovaniya vyrabotok na shakhtakh assotsiatsii «Leninskugol'» / N.A. Zhdankin, A.V. Remezov, M.N. Klavdienko // Ugol'. – 1992. – № 9. – S. 37-40.
19. Zolotykh, S.S. Prognoz i predotvrashchenie gornykh udarov pri razrabotke moshchnykh pologikh plastov, sklonnykh k samovogoraniyu : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – L., 1988. – 17s.
20. Progressivnye tekhnologicheskie skhemy razrabotki na ugol'nykh shakhtakh : utv. Ministerstvom ugol'noy promyshlennosti 19.05.79. – M., 1979. – Ch. 1-2.
21. Ukazaniya po ratsional'nomu raspolozheniyu, okhrane i podderzhaniyu podgotovitel'nykh vyrabotok na ugol'nykh shakhtakh SSSR : utv. Ministerstvom ugol'noy promyshlennosti 26.12.84. – L., 1986. – 221 s.
22. Progressivnye pasporta krepleniya, okhrany i podderzhaniya podgotovitel'nykh vyrabotok pri bestselikovoy tekhnologii otrabotki ugol'nykh plastov : utv. Ministerstvom ugol'noy promyshlennosti 16.01.84. – L., 1985. – 112 s.
23. Okhrana podgotovitel'nykh vyrabotok bez tselikov / N.P. Bazhin [i dr.]. – M.: Nedra, 1975. – 294 s.
24. Chernyak, I.L. Geomekhanicheskie osnovy povtornogo ispol'zovaniya vyrabotok // Ugol'. – 1978. – № 5. – С. 3-6.
25. Yakobi, O. Praktika upravleniya gornym davleniem. – M.: Nedra, 1987. – 565 s.
26. Zaslavskiy, I.Yu. Issledovanie mekhanizma deformirovaniya gornogo massiva pri okhrane podgotovitel'nykh vyrabotok litymi polosami / I.Yu. Zaslavskiy, N.V. Tikhonova, A.G. Fayvishenko // Sovershenstvovanie tekhnologii dobychi uglia na shakhtakh Donbassa. – Donetsk, 1986. – S.130-140.
27. Dimanshteyn A.S., Chakvetadze F.A. Puti rasshireniya povtornogo ispol'zovaniya vyemochnykh vyrabotok // Nauch. soobshch. / In-t gorn. dela im. A.A. Skochinskogo. – 1985. – Vyp. 243. – S. 85-88.
28. Baranovskiy, V.I. O razmerakh predokhranitel'nykh tselikov uglia dlya glubokikh shakht / V.I. Baranovskiy, M.I. Veskov // Ugol'. – 1966. – №1. – С.22-27.
29. Otsenka effektivnosti tekhnologicheskikh skhem ochistnoy vyemki s pryamotochnym provetrivaniem na ventilyatsionnyy shtrek v vyrabotannom prostranstve / A.V. Braytsev [i dr.] // Tekhnologiya dobychi uglia podzemnym sposobom: nauch.- tekhn. ref. sb. / TsNIEIugol'. – 1985. – № 2. - С. 25-27.
30. Simanovich, A.M. Okhrana vyrabotok na glubokikh gorizontakh / A.M. Simanovich, M.A. Srebnyy // M.: Nedra, 1976. – 144 s.
31. Dimanshteyn, A.S. Kharakter obrusheniya porod krovli vokrug vyemochnykh vyrabotok pri podviganii ochistnogo zaboya / A.S. Dimanshteyn, F.A. Chakvetadze // Nauch. soobshch. in-ta gorn. dela im. A.A. Skochinskogo. – 1984. – Vyp.224. – S.35-40.
32. Prust, A. Vybora optimal'nogo raspolozheniya podgotovitel'nykh vyrabotok, ikh ispol'zovanie i podderzhanie // Mezhdunarodnyy gornyy kongress, Moskva, iyul' 1967. – M., 1968. – С.76-87.
33. Kardakov, V.E. Opyt okhrany otkatochnykh shtrekov zhelezobetonnyimi tumbami / Ugol'. – 1964. –№6. – С.25-28.
34. Khaarman, K. Uluchshenie sostoyaniya vyemochnykh shtekov s pomoshch'yu angidritovoy polosy / K. Khaarman, E. Vagner // Glyukauf. – 1970. – №22. – С.21-24.
35. Nuzhno li dopolnitel'no predokhranyat' vyemochnye shtreki? //Glyukauf – 1969. – №20. – С.14-22.
36. Voskoboiev, F.N. Bestselikovoe podderzhanie podgotovitel'nykh vyrabotok na glubokikh shakhtakh Rurskogo basseyna FRG // Dobycha uglia podzemnym sposobom: Nauch.-tekhn. ref. sb. TsNII ekonomiki i NTI ugol. prom-ti (TsNIEIugol'). – M. – 1977. – №4. – С.40-46.
37. Fed'ko, A.M. Ob okhrane shtrekov zhelezobetonnyimi tumbami / Ugol'. – 1971. – №4. – С.13-16.



38. Panov, V.I. *Vybor ratsional'nykh sposobov okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok v usloviyakh na shakhtakh Donbassa / V.I. Panov, A.V. Chernyavskiy // Tekhnologiya dobychi uglya podzemnym sposobom: Ref. sb TsNII ekonomiki i NTI ugol. prom-ti (TsNIEUgol'). – M. – 1976. – №10. – С. 12-14.*
39. Gente, M. *Vozvedenie okoloshtrekovykh polos iz gidravlicheskiykh vyazhushchik materialov / Glyukauf. – 1971. №2. – С.13-24.*
40. Genrikh, F. *Opyt vozvedeniya okoloshtrekovykh polos iz blitsdemmera / Glyukauf. – 1971. – №13. – С.16-34.*
41. Lange, G. *Opyt vozvedeniya okoloshtrekovykh polos iz blitsdemmera / G. Lange, B. Raus // Glyukauf. – 1971. – №13. – С.35-40.*
42. Kremer, V. *Zhestkie okoloshtrekovye polosy uvelichivayut poleznoe sechenie vyemochnykh shtrekov / Glyukauf. – 1972. – №22. – С.25-28.*
43. *Ratsional'noe raspolozhenie, okhrana i kreplenie vyemochnykh shtekov glubokikh shakht / A.M. Il'shteyn, E.A. Mel'nikov, A.S. Dimanshteyn, A.A. Zhurilo // Ugol'. – 1968. – №11. – С.40-42.*
44. Gefroy, Kh.Yu. *Sravnenie sposobov podderzhaniya vyemochnykh shtrekov / Glyukauf. – 1972. – №22. – С.20-25.*
45. Fisenko, G.L. *Predel'nye sostoyaniya gornykh porod vokrug vyrabotok. M.: Nedra, 1976. – 272 s.*
46. Dimanshteyn, A.S. *Issledovanie i vybor effektivnykh sposobov okhrany i kreplenie vyemochnykh shtrekov na glubokikh shakhtakh: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1966. – 18 s.*
47. Shtumpf, G.G. *Vliyanie razlichnykh sposobov okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok v usloviyakh shakht Osinnikovskogo rayona Kuzbassa // Gornoe davlenie v kapital'nykh i podgotovitel'nykh vyrabotkakh: (Materialy seminarov 12-13 okt. 1970 g.) – Novosibirsk. – 1971. – S.101-110.*
48. Dobritsa, D.I. *Issledovanie i vybor ratsional'nykh sposobov okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok bez tselikov uglya v usloviyakh Vorkutinskogo mestorozhdeniya : Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1974. – 19 s.*
49. *Otraslevaya instruktsiya po primeneniyu ramnykh i ankernykh krepey v podgotovitel'nykh vyrabotkakh ugol'nykh i slantsevykh shakht : Utv. Ministerstvom ugol'noy promyshlennosti 14.06.84. – M., 1985. – 147 s.*
50. Protod'yakonov, M.M. *Davlenie gornykh porod i rudnichnoe kreplenie. – M.: Gostekhizdat. – 1930-1933. – Ch. 1-2.*
51. Avershin, S.G. *Sdvizhenie gornykh porod pri podzemnykh razrabotkakh. – M.: Ugletekhizdat, 1947. – 245 s.*
52. Dinnik, A.N. *Raspredelenie napryazheniy vokrug gornykh vyrabotok / A.N. Dinnik, A.E. Korgaevskiy, G.N. Savin // Trudy soveshchaniya po upravleniyu gornym davleniem. M., L. – 1938. – S. 7-55.*
53. Davidyants, V.T. *Sovershenstvovanie sposobov i sredstv upravleniya krovley i krepleniya na shakhtakh Donetskogo basseyna. M., Gosgortekhizdat. – 1976. – 144 s.*
54. Slesarev, V.D. *Upravlenie gornym davleniem pri razrabotke ugol'nykh plastov Donetskogo basseyna. M., L., Ugletekhizdat, 1952. – 380s.*
55. Ruppeneyt, K.V. *Nekotorye voprosy mekhaniki gornykh porod. – M.: Ugletekhizdat, 1954. – 384 s.*
56. Labass, A. *Davlenie svdizheniya porod: Dokl. Mezhdunar. konf. po gorn. davleniyu, L'ezh, 1951 / Per. s fr. M. D. Kireeva. – M., 1976. – 144 s.*
57. Maksimov, A.P. *Vydvizhivanie gornykh porod i ustoychivost' podzemnykh vyrabotok. – M., Gosgortekhizdat, 1963. – 144s.*
58. Kuznetsov, G.N. *O mekhanizme vzaimodeystviya bokovykh porod v ochistnykh vyrabotkakh pologopadayushchikh ugol'nykh plastov // Issledovanie gornogo davleniya primenitel'no k mekhanizirovannym krepyam. – M., 1954. – S.78-112.*
59. Fenner, R. *Issledovaniya gornogo davleniya. V kn. Voprosy teorii gornogo davleniya. – M., Gosgortekhizdat. – 1961. – S. 5-19.*
60. Muskhelishvili, N.I. *Nekotorye osnovnye zadachi matematicheskoy teorii uprugosti. Osnovnye uravneniya. Ploskaya teoriya uprugosti. Kruchenie i izgib. – M.: Nauka. – 1966. – 707 s.*
61. Annin, B.D. *Dvumernye uprugoplasticheskie zadachi. – Novosibirsk, 1968. – 120 s.*
62. Erzhanov, Zh.S. *Teoriya polzuchesti gornykh porod i ee prilozheniya. – Alma-Ata: Nauka, 1964. – 175 s.*
63. Shemyakin, E.A. *Dve zadachi mekhaniki gornykh porod, svyazannye s osvoeniem glubokikh mestorozhdeniy rudy i uglya / FTPRPI. – 1975. – №6. – S.29-45.*
64. Stazhevskiy, S.B. *Prilozheniya mekhaniki sypuchikh sred k resheniyu nekotorykh zadach mekhaniki gornykh porod / FTPRPI. – 1987. – №3. – S.3-11.*
65. Revuzhenko, A.F. *Zadachi mekhaniki sypuchikh sred v gornom dele / A.F. Revuzhenko, S.B. Stazhevskiy, E.A. Shemyakin // FTPRPI. – 1982. – №3. – S.19-25.*



66. Zaslavskiy, Yu.Z. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya v kapital'nykh vyrabotkakh shakht Donetskogo basseyna. – M.: Nedra, 1966. – 180 s.
67. Chernyak, I.L. Prognoz smeshcheniy krovli i pochvy vyrabotok, okhranyaemykh butovymi polosami / Sb. «Nauchnye osnovy sozdaniya vysokoproizvoditel'nykh i avtomatizirovannykh shakht». – M., 1969. – S.45-49.
68. Geleskul, M.N. Rezul'taty issledovaniy smeshcheniy porod v podgotovitel'nykh vyrabotkakh s tsel'yu ustanovleniya gornotekhnicheskikh parametrov krepki / M.N. Geleskul, B.M. Usan-Podgornov // Nauch. soobshch. IGD im. A.A. Skochinskogo. – 1972. – Vyp.97. – S.9-13.
69. Korennoy, O.P. Kolichestvennaya otsenka vliyaniya ochistnykh rabot na podgotovitel'nye vyrabotki v Karagandinskom basseyne / O.P. Korennoy, A.O. Sproge // Tr. VNII gornoy geomekhaniki i marksheyder. dela (VNIMI). – M., 1984. – Sb.53. – S.146-149.
70. Ardashev, K.A. Raschet velichin smeshcheniy v polevykh shtrekakh na shakhtakh Karagandinskogo basseyna / K.A. Ardashev, A.O. Sproge // Tr. VNII gornoy geomekhaniki i marksheyder. dela (VNIMI). – M., 1972. – Sb. 85. – S. 61-70.
71. Keyrovich, E.N. Prognozirovanie smeshcheniy bokovykh porod v plastovykh shtrekakh na shakhtakh Churubay-Nurinskogo rayona / Nauchn. tr. Vsesoyuz. nauch.-issled. i proektno-konstrukt. ugol. in-ta (KNIUI). – 1972. – Vyp.44. – S.229-235.
72. Gritsko, G.I. Gornoe davlenie v podgotovitel'nykh vyrabotkakh moshchnykh krutykh plastov / G.I. Gritsko, V.N. Tsytsarkin // Novosibirsk: Nauka. – 1982. – 86 s.
73. Eksperimental'no-analiticheskoe opredelenie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva vokrug polevogo shtreka, podverzhenno vliyaniyu ochistnykh rabot / G.I. Gritsko, V.S. Akimov, V.N. Tsytsarkin, Yu.S. Okhotnikov // Analiticheskie metody i vychislitel'naya tekhnika v mekhanike gornykh porod. – Novosibirsk, 1971. – S.99-107.
74. Borisov, A.A. Raschety gornogo davleniya v lavakh pologikh plastov. – M.: Nedra, 1964. – 278 s.
75. Zashchitnye plasty / I.M. Petukhov, A.M. Lin'kov, I.A. Fel'dman [i dr.]. – L.: Nedra. Leningr. otd-nie, 1972. – 123 s.
76. Fedorov, N.A. Raschet smeshcheniy v lavakh pologikh plastov / N.A. Fedorov, V.L. Nazin // Sb. nauch. tr./ Kuzbas. politekhn. in-t. – 1974. – № 68. – C.29-42.
77. Mikhaylov, V.N. O smeshchenii i razrushenii porod krovli / V.N. Mikhaylov, E.A. Bober // Sb. nauch. tr. / Kuzbas. politekhn. in-t. – 1974. – №68. – C.43-53.
78. Ardashev, K.A. Geomekhanicheskie osnovy vybora i sovershenstvovaniya bestselikovykh sposobov okhrany i podderzhaniya podgotovitel'nykh vyrabotok / K.A. Ardashev, N.P. Bazhin // Ugol'. – 1976. – №9. – C.21-31.
79. Erzhanov, Zh.S. Kombaynovye vyrabotki shakht Kuzbassa / Zh.S. Erzhanov, V.Yu. Izakson // Kemerovo, 1976. – 216 s.
80. Mikheev, O.V. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya v prisechnykh vyrabotkakh ugol'nykh plastov sredney moshchnosti: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1974. – 15 s.
81. Morozov, Yu.I. Issledovanie i razrabotka ratsional'nykh sposobov okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok pri bestselikovykh skhemakh otrabotki moshchnykh pologikh plastov Kuzbassa: Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1978. – 12 s.
82. Gapanovich, L.N. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya dlya ratsional'nogo provedeniya vyrabotok vprisechku k vyrabotannomu prostranstvu / L.N. Gapanovich, V.I. Zlatkin, A.N. Mamontov // Ugol'. – 1975. – №11. – C. 11-15.
83. Zharikov, E.D. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya v podrabatyvaemykh vyrabotkakh i ustanovlenie parametrov ikh ratsional'nogo raspolozheniya i krepneniya: (Na primere pologogo i naklonnogo padeniya plastov Kuzbassa): Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M.,1980. – 16 s.
84. Sapozhnikov, V.T. Predel'no-napryazhennoe sostoyanie ugol'nogo plasta / FTPRPI. – 1988. – №3. – S.56-60.
85. Khaimova-Mal'kova, R.I. Raspredelenie napryazheniy i deformatsiy v kraevoy chasti ugol'nogo plasta pri nalichii neodnorodnostey // Nauch. soobshch. IGD im. A.A. Skochinskogo. – 1985. – Vyp. 244. – S. 50-55.
86. Dudukalov, V.P. Opredelenie moshchnosti tolshchi, nagruzhayushchey ograditel'no-podderzhivayushchie polosy pri sokhranении vyrabotok dlya povtornogo ispol'zovaniya / Tekhnologiya podzemnoy razrabotki mestorozhdeniy: Mezhvuz. nauchn. tematich. sb. Sverd. gorn. in-ta. – Sverdlovsk, 1985. – S. 39-43.
87. Chernyak, I.L. Formirovanie opornogo davleniya v podgotovitel'nykh vyrabotkakh / I.L. Chernyak, Yu.V. Fomin // Ugol'. – 1988. – №1. – C. 14-18.
88. Gornoe davlenie, sdvizhenie gornykh porod i metodika marksheyderskikh rabot. Obshchie metodicheskie polozheniya kompleksnogo issledovaniya problem gornoy mekhaniki / VNII gornoy geomekhaniki i marksheyder. dela (VNIMI): Sb.81. – L., 1970. – S. 333.



Игнатов Е.В.

Состояние и основные задачи развития длинностолбовой системы разработки на угольных шахтах Кузбасса: краткий обзор

DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-30-49

Авторы

Игнатов Евгений Владимирович,

канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник
e-mail: ignatovea@kuzstu.ru

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет»,
Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Authors

Eugeny V. Ignatov,

PhD, Senior Researcher,
e-mail: ignatovea@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Russian Federation, Kemerovo,
28 Vesennyaya street, 650000

Библиографическое описание статьи

Игнатов Е.В. Состояние и основные задачи развития длинностолбовой системы разработки на угольных пластах Кузбасса: краткий обзор / Е.В. Игнатов // *Техника и технология горного дела*. – 2019. – № 4 (7). – С. 30-49.

Cite this article

Ignatov E.V. (2019) The state and main tasks of development of the longwall mining system on the coal mines of Kuzbass: a brief review, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(7):30.