

УДК 550.34:622.831

СОСТОЯНИЕ ПОРОД У ЗАБОЕВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ НА ОСНОВЕ ПОВОРОТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ**¹Бейсембаев К.М., ¹Нокина Ж.Н., ²Телиман И.В., ¹Абдугалиева Г.Б.**¹*Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru;*²*Уральский государственный технический университет, Екатеринбург, e-mail: kakim08@mail.ru*

Начиная с конца 1980 гг. шахты в развитых странах, где в основном применялась технология длинных лав, закрываются. Лавы эффективны при выемке пластов с идеальными горногеологическими условиями, которые заканчиваются. Под действием техногенной деятельности человека происходит тектоническая разбалансировка недр, и ранее безопасные нарушения в забоях теперь существенно сдерживают работы. Создается опасность газодинамических явлений в шахтах. Новые технологии базируются на основе короткозабойных систем и камерной выемки, основным элементом которых является поворотный конвейер, способный существенно улучшить организацию работ и транспортирование твердых минералов по криволинейным выработкам. Большое влияние в этих технологиях уделяется состоянию горного массива. Способности управлять массивом и особенно при преодолении нарушенных зон способствуют разрабатываемые гибкие транспортные системы, обеспечивающие и сокращение монтажных работ. На основе таких технологических и технических систем решаются и вопросы комплексного использования сырья и выработок. Проанализированы элементы методики расчета таких систем с учетом особенностей дифференциации призабойной зоны на блоки, воспринимающие опорное давление. Газоугольный пласт в нетронутом массиве состоит из частичек с диффундирующим между ними газом под давлением и находится в состоянии готовом к движению. При наличии в недрах забоя (обнажения) газ в этой зоне выдавливается, подвижность пласта уменьшается, вертикальная деформация и трение увеличиваются, и она сдерживает давление подвижной части. Уточнены схемные представления о механике процессов приводящих к формоизменению и как результат – к резким изменениям нагрузки на забой и возможности инициации динамических явлений, приведены ссылки на других авторов, где выдвинутые предположения о нестационарности массива у забоя, возможности формоизменений и бифуркации получили подтверждение.

Ключевые слова: структура, недра, горный удар, нарушение, поворотный конвейер, камера, формоизменение, бифуркация

CONDITION OF BREEDS AT FACES B ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES OF DREDGING ON THE BASIS OF ROTARY CONVEYORS**¹Beysembaev K.M., ¹Nokina Zh.N., ²Teliman I.V., ¹Abdugaliyeva G.B.**¹*Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru;*²*Ural State Technical University, Ekaterinburg, e-mail: kakim08@mail.ru*

Since the end of 80 years of the mine in the developed countries where the technology of the lengthiest lavas was generally applied, are closed. Lavas are effective during the work in layers with ideal mining-and-geological conditions, and they come to an end. Under the influence of technogenic activity of the person there is a development of earlier safe violations in faces. And now they significantly constrain works. The danger of the gasdynamic phenomena in mines is created. New technologies are created on the basis of short faces and chamber dredging which basic element is the rotary conveyor capable essentially to improve technologies of works and transportation of solid minerals on curvilinear developments. Gas and coal layer in the untouched massif consists of parts with gas, diffundiruyushchy between them, under pressure and is in a state ready to driving. In the presence in a subsoil of a face (exposure) gas in this zone is squeezed out, the mobility of layer decreases, vertical deformation and a sliding friction increase, and it constrains pressure of the relative frame part. Circuit ideas of mechanics of the processes leading to forming and as result – to jumps of load of a face and possibilities of initiation of the dynamic phenomena, references to other authors where the made assumptions of a massif not stationarity at a face, possibilities of formings and a bifurcation received confirmation are given are specified.

Keywords: structure, subsoil, mountain blow, violation, rotary conveyor, camera, forming, bifurcation

Недра Земли в зонах техногенной деятельности человека в результате отработки твердых жидких и газообразных ископаемых представляют собой изрезанные до глубин 300–5000 м участки. Например, глубина некоторых карьеров доходит до 300 м, а горные работы с проведением выработок для вентиляции и транспортирования минералов, оконтуривающих столбы для сплошной выемки, затрагивают площади 200*1500 м при использовании технологии

лав. В этих районах образуются провалы и заболачивание земной поверхности, часто с химическим составом, не пригодным для рыбного хозяйства и эффективной сельскохозяйственной деятельности. Кроме того существующие методики расчета не учитывают особенности формирования призабойной зоны, а технологические схемы не адаптированы к условиям геологической нарушенности и тектонической разбалансировки недр.

Цель исследования: изыскание и уточнение механизмов формирования системы пород у забоев, анализ и разработка элементов новых технологических и конструктивных решений для создания возможности извлечения дополнительных доходов за счет сопутствующих выемке факторов: вторичное использование выработок, попутного газа, формирование новых запасов минералов из потерь полезного ископаемого и вносимых компонентов. Это позволит выстроить логистическую цепочку комплексного использования минерального сырья (КИМС) и недр, определяющую ресурсосберегающую экологически безопасную наукоемкую технологию.

Материалы и методы исследования

Работа базируется на системном и статистическом анализе полученных ранее шахтных данных, теоретических и вычислительных результатах на базе российского и казахстанского институтов проблем комплексного использования недр [1], где, учитывая энергетику обрушения консолей расслаивающихся пород при очистной выемке, были поставлены и проведены исследования проявления горного давления, множественности состояния недр, влияния больших сдвижений на территории, и формоизменение горного массива. Применен анализ на основе конечноэлементного моделирования, теоретических и экспериментальных исследований других авторов.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования на шахтах [2] показывают повышенное раскрытие в зонах очистных работ разрывных нарушений, которые раньше не оказывали влияния на состояние лав, а ныне при разбалансировке недр могут проявляться в виде горных ударов (ГУ) и газодинамических явлений [2]. Опыт таких исследований на основе статистической обработки геологических и геофизических данных приведен также в [3, 4]. В работах С.Б. Стажевского при исследовании сыпучих материалов показано, что происходит их разбиение на систему блоков, движение которых по линиям скольжения и есть основной процесс деформирования. Близкий механизм горного удара в блочной среде предложен М.А. Садовским за счет разрядки накопленной потенциальной энергии в виде переупаковки системы.

Установлено, что линии скольжения, исходя из методик фотомоделирования, представляют собой изостаты главных напряжений и в твердых минералах они близ-

ки к траекториям разрушения. Выбор такой траектории для пород может быть сделан из анализа в её окрестности растягивающих напряжений, поскольку предел прочности на растяжение в ~ 10 раз меньше предела на сжатие. Возрастание нарушенности при техногенной деятельности человека объясняется интенсификацией движения флюидов вдоль плоскостей сдвижения, когда размокание пород приводит к усилению блочной и слоевой дифференциации недр, перераспределению потенциальной энергии в кинетическую при движении очистных забоев и выработок. Чем больше длина лавы, тем вероятнее проявление негативных факторов, с резкой асимметрией нагружения забоев и выработок. Исследования ИПКОН НАН РК, а затем и в КарГТУ нагружения в таких средах очистных забоев, обосновывают возможный бифуркационный характер обрушений горных пород [5], когда протекающие формоизменения освобождают связи в системе слоев и та практически мгновенно занимает новое деформационное состояние с выделением огромной энергии при волнообразной деформации системы. В строительных конструкциях, особенно оболочного и стержневого типа, это приводит к мгновенным разрушениям. В подземных сооружениях они могут инициировать внезапные ГУ и выбросы. Этому способствует и специфическое состояние горных пород, прошедших предельные нагружения, а также и явление дезинтеграции, которое можно уже рассчитать [6]. В сложных системах происходит дифференциация на группы из небольших элементов, входящих в большие системы, например, пакета слоев пород, непосредственно примыкающих к забою и взаимодействующих с крепью и пролетов вышележащих слоев, образующих различные системы, например, своды для сводообразующих пород или протяженные, периодически обрушающиеся консоли, или плавно опускающиеся на обрушенные породы [7, 8]. В них формоизменения протекают неравномерно без видимого порядка при переходе из группы в группу и внутри групп, а сами группы с приближением к зоне горных работ, по размерам уменьшаются. Их разрядка может происходить случайно, сопровождаясь малыми ударами. Совокупность малых ударов в свою очередь подготавливают к бифуркации удаленные большие участки, энергия которых во много раз больше. Малые же участки играют роль своеобразных буферов. Динамические явления в таких систе-

мах описываются сложными уравнениями, составление которых затруднено многофакторностью параметров. Но и статические решения позволяют дать предварительную оценку явления, показать зоны, где нагрузка резко увеличится не только за счет возникающего рычага при освобождении от лишних связей пролета, но и за счет возможности высвобождения накопленной упругой энергии деформации другими напряженными пролетами при их совместном действии через оставшиеся связи. При этом, не смотря на используемые линейные решения метода конечных элементов (МКЭ) и его частных видов, полученные данные говорят о высоких реализующихся энергиях. Они еще более увеличатся при переходе к динамическим решениям, учитывающим ускорения смещающихся пролетов. Поэтому идентификация ГУ в первом приближении может опираться, на упрощенные расчеты, но они эффективны при работе в системе с обратной связью в горном массиве, когда можно снимать импульсы из массива, сравнивая с расчетными данными.

Внезапное динамическое нагружение получает массив у выработки сразу на большом протяжении в глубину пласта, и если произошла потеря равновесия, и возникло его скольжение, то, соответственно, в движение приходят все разрыхленные массы, получившие удар сразу по всей длине и, соответственно, сразу же перемещающиеся в сторону обнажения. Бифуркационная природа обрушений, судя по [9–10], получила теоретическое обоснование с экспериментальным подтверждением и в других источниках.

таблице, рассматривается в рамках точности до порядка, поскольку опыт и изучение явления показывают, что выброс, как и ГУ, происходит при наложении нескольких факторов, а мы освещаем основной. Процесс изменения деформационной формы напряженных слоев кровли над крепью в выделенном объеме, например, если имеется пакет слоев, а выше него рассматривается полуплоскость – т.е. малодеформируемый объект (принятая в теории упругости схема взаимодействия) происходит после достижения некоторой критической для данной системы освобождения от связи (отслоения) между участками самих слоев и слоя с полуплоскостью. До этого они сопровождаются плавным изменением напряженного состояния в зоне, например, над пластом, а после – скачком напряжений. Выделенную энергию Еб можно разделить на основные составляющие:

$$E_b = E_p + E_v, \quad (1)$$

где Еп – энергия продолжения деформирования пласта перед забоем, с выполнением его переупаковки;

Ев – энергия продолжения деформации остальной части зоны опорного давления, где повышающееся скачком давление газа расширяет дисковые трещины и переводит систему в подвижное состояние, так что оно подготовлено к выбросу.

Для угля, содержащего метан CH_4 , происходит образование ячеистой структуры с диффундирующим газом в пространстве между ячейками [7]. Это снижает трение между центральными более плотными частичками. Схемы такого массива раз-

Энергия ГУ

№ п/п	Показатель	Энергия удара Е, Дж	Характер обрушения пород
1	Слабый ГУ	От 10^4 до 10^5 3	Сводообразование
2	Сильный ГУ	10^5 до 10^6	Периодические обрушения кровли и особенно первичные посадки
3	Очень сильный ГУ	10^5 до 10^6	Комплексные осадки

В таблице с учетом данных [4] дана приближенная энергетическая характеристика ГУ с дифференциацией по типам схем обрушений, для которых расчетные методы определения напряжений, деформаций и энергии отработаны [2, 7, 8]. Приблизённо сравним баланс энергии выброса, определяемой из условия перемещения разрыхленного массива с энергетикой, выделяющейся при бифуркации плит над выработкой. Баланс, судя по

личны и, в частности, исходят из наличия системных дисковых трещин с зонами пластического деформирования у их концов, которые могут пересекаться (по С.А. Христиановичу) (рис. 1, а). Эти пластические зоны проницаемы для газа, и поэтому структура зоны может «дышать». Заполненные газом трещины (или поры) с начального момента формирования месторождения составляют структуру газо-угольного пла-

ста с некоторым модулем упругости, но, подходя к обнажению пласта, они в результате потери газа смыкаются, а деформация этого участка скачком увеличивается (модуль уменьшается). Следовательно, в результате перераспределения сил горного давления его пик смещается в глубину, но вместе с тем коэффициент трения частичек, расположенных ближе к открытой поверхности забоя, увеличивается (рис. 1, б). Поэтому у груди забоя образуется «пробка», материал которой малоподвижен. И она сдерживает подвижную часть массива. По другим представлениям наряду с дискообразными трещинами в угольном пласте на такую картину накладывается структура близкая к сети углеродных нанотрубок «d» естественного происхождения, которые также заполнены газом, но их объем в силу межмолекулярного сцепления газа внутри трубки (или капилляра) в меньшей степени реагирует на приближение к поверхности забоя, что может повлиять на стационарность системы. И сделать её менее прогнозируемой. Существует и математическая абстракция, позволяющая описать переходные состояния у забоя за счет скачкообразного изменения модуля упругости от зоны к зоне, при этом процессы в структуре рассматриваются как переупаковка [3, 7], изменяющая свою плотность скачками в зависимости от степени сжатия объема. Расчет таких систем исходит из предварительно заполняемой матрицы (по экспериментальным данным), описывающей значение модулей в зависимости от геометрии областей, действующего давления и коэффициентов трения на контактах. Исходя из рассчитываемого предварительного давления для продолжения расчета выбирается величина следующего модуля. Переупаковка может исходить из специфического строения пород (рис. 1, в), когда блочные смещения по линиям скольжения в этих зонах способны неоднократно переходить от одной устойчивости к другой, меняя молекулярное взаимодействие по схеме порядок – хаос – порядок. В этом случае при сдвиге в некотором положении расстояние между частичками увеличивается и связи нарушаются, но при последующем скольжении достигается соединение с другими соседними частичками, и возникают новые связи при изменившейся плотности (об этом сообщила группа во ВНИМИ С.В. Кузнецова в конце 1980-х, начале 1990 гг.).

В работах И.Л. Этингера указывается, что энергия выброса может превышать рас-

четные значения. А они обычно исходят из энергии деформации массива под действием горного давления. То есть необходим дополнительный источник энергии. Расчеты на основе статических решений, указывающих на многократное возрастание напряжений над пластом при формоизменении системы, позволяют такой источник указать. В то же время изучение статистики энергетики выбросов показывает, что ее величину следует рассматривать как нестационарную – она для одних и тех же сечений выработки и давлений на привывороточную зону может резко отличаться. Причем отличия по различным данным могут составлять более 1 порядка, что подтверждает необходимость создания расширенных моделей, в том числе и для систем с активными средами, например с развитой тектоникой. Как известно, в таких условиях развязываются процессы самоорганизации и в зависимости от их уровня и величин параметров активных сред выделяемая энергетика может быть различной. Здесь стрелка показывает возможность



$$E_b + E_d = E_p + E_v \quad (2)$$

инициации процесса самоорганизации, вызванного процессами в левой части.

Таким образом, традиционные технологии представляют весьма большие опасности развязываний газодинамических процессов и их учет вызвал значительное подорожание добычи угля на рубеже конца 1980-х гг., приведя к тому, что сопротивление механизированных крепей для безопасной выемки увеличилось не менее чем в 3 раза, а вес секции шириной до 1,5 м достиг 15–20 тс. Поэтому в последние годы получила развитие открытая добыча. Но она приводит к прямому поступлению в атмосферу газов и излучений с огромных площадей, обнаженных горными работами недр. Так, в Казахстане произошло сокращение подземной добычи, и из 26 осталось 8 шахт. В результате были открыты угольные разрезы (в Карагандинской области это Шубаркульский угольный разрез и др., что на время позволило республике справиться с задачами обновления экономики.

Анализ ИПКОН НАН РК показал, что следует изыскать новые гибкие технологии на основе подходов КИМС, и поэтому были предложены камерные и скважинные технологии, последние успешно внедрены при разработке нефти и газа и могут применяться и при добыче твердых минералов. Например, посредством скважин производится гидроразрыв пласта, и нагнетаются

химические компоненты для диспергирования (разрушения горного массива). Но пока они дороги и не всегда эффективны. Технологии камерной выемки (рис. 2) напоминают скважинные, и уже в 1980-х гг. прошли промышленные испытания автоматизированные агрегаты. Они обслуживались человеком, на основных выработках, а затем производили выемку камер на проектную длину до 100 м в автоматизированном варианте, в том числе и с контролем положения агрегата в пласте. Например, система Тентек, испытанная на ш. Тентекская в Караганде в 1980 гг.

Важным критерием сравнения технологий является время крепления выработок на 1 м забоя.

Для лавной технологии:

$$T_{л} = n_{л} * Q_{р} * 2\pi r_{р} * L + m_{л} * Q_{дп} * 2\pi r_{дп} + t_{пз}. \quad (3)$$

Для короткозабойной технологии:

$$T_{к} = t_{д} + t_{п} + n_{к} * 2\pi r_{к} * L_{к} + t_{пзк}. \quad (4)$$

Здесь $r, r_{к}, r_{дп}$ – радиусы поршней цилиндров распора сравнимых крепей и домкратов передвижения;

$Q_{р}, Q_{дп}$ – производительность подачи рабочей жидкости в гидроприёмники распора и передвижения;

$n_{л}, m_{л}$ – количество гидроприёмников для распора и передвижения в лаве;

$L_{л}, L_{к}$ – ход гидроприёмников распора и передвижения в лаве и камере;

$t_{пзл}, t_{пзк}$ – время подготовительно-заключительных операций в лаве и камере при креплении кровли;

$t_{д} + t_{п}$ – время доставки крепи в зону крепления и время подъёма к кровле.

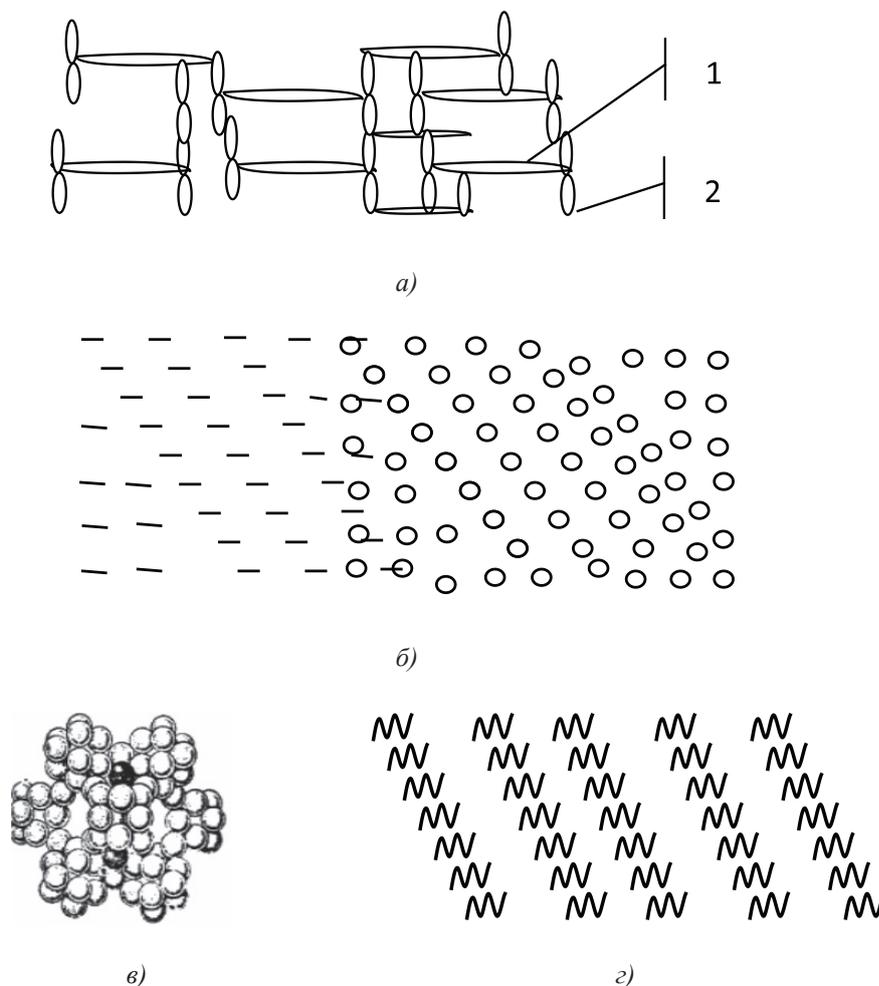


Рис. 1. Особенности структуры зоны опорного давления пластов с фильтрационными каналами: а – по Христиановичу С.А. (1 – трещины; 2 – пластические зоны у концов трещин); б – пробка (слева) и дисковые трещины с газом (справа); в – структура кристаллических пород; г – системы с сетью углеродных нанотрубок и бахрамчатых «мицелл» в угле пронизывающих пласт

Анализ выражений для лавной технологии показывает, что для автоматизированных систем сократить длительность операций, представленных выделенными членами в выражении (3), сложнее, что может увеличить общее время крепления в несколько раз по сравнению с камерными. Лавные технологии будут изменяться, переходя на сокращение длины лав до 50–20 м за счет использования автоматизированных систем разворота забоя (рис. 3). Но важным

моментом в создании эффективных и безопасных систем добычи является наличие совместных организационных структур: университетов и предприятий, в том числе и на международном уровне (корпоративные образовательно-производственные центры) с совместной лабораторной и научной базой. При этом разработка форм совместной кооперации является, важной, хотя и трудной задачей современности, что и было одной из специфических задач институтов ИПКОН.

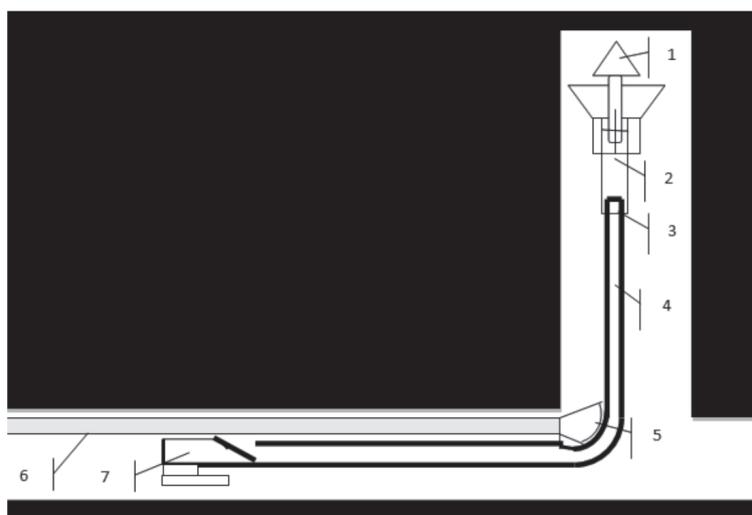


Рис. 2. Камерная выемка: 1 – комбайн; 2 – перегрузчик; 3 – зона перегрузки; 4 – ПК; 5 – направляющие; 6 – штрековый конвейер; 7 – привод и зона разгрузки

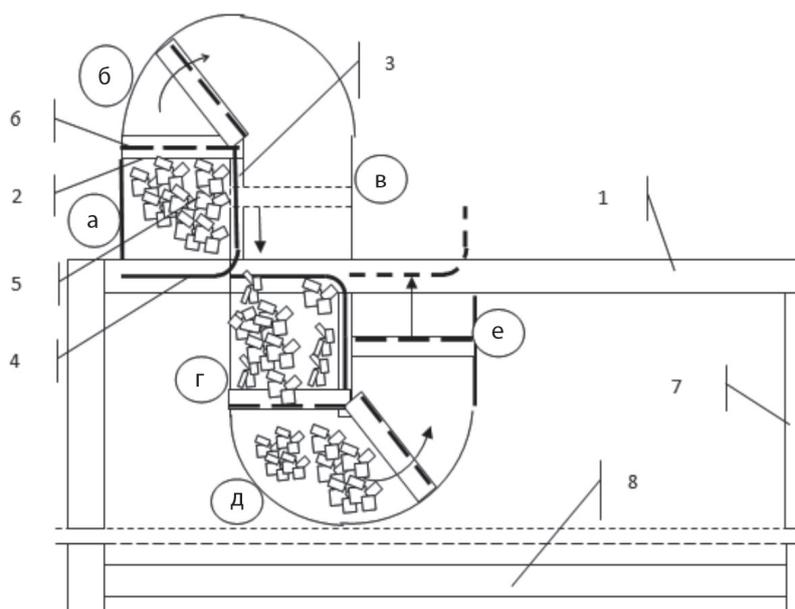


Рис. 3. Схема работ с поворотами забоя: а, б, в, г, д, е – зоны поворота; 1 – основная выработка; 2 – короткий забой с комбайном; 3 – транспортная выработка; 4 – ПК; 5 – обрушение кровли; 6 – забойный конвейер; 7 – штреки между столбами; 8 – выработка соседнего столба

Указанные системы эффективны при наличии самопередвигающихся поворотных конвейеров (ПК) и мобильных роботизированных крепей. И в этом случае металлоемкость работ уменьшится до 3 раз. Отпадет необходимость монтажно-демонтажных работ. На выработках впереди зоны очистных работ будут установлены современные автоматизированные буровые станки для контроля и управления состоянием массива и предотвращения газодинамических явлений. Задачи создания систем прогнозирующего и управляющего программного обеспечения были поставлены МОН РК и НАН РК еще в 1990-е гг. При этом исходили из того, что точность прогнозирования состояния забоя и боковых пород из-за повышения их сплошности возрастет. Ныне это подтверждают расчеты, выполненные на основе метода конечных элементов (МКЭ), что приведет к улучшению режимов управления на основе обратной связи [7, 8]. Все элементы этих технологий, хотя и по отдельности, прошли промышленные испытания, показали работоспособность и для них получены практические рекомендации по совершенствованию.

Заключение

Учет состояния газугольного пласта и его дифференциации у забоя позволяет уточнить модели и схемные представления о механике процессов, приводящих к формоизменению. Обновленные технологические схемы с поворотным конвейером обеспечивают экологически безопасную короткозабойную выемку, а их расчет на основе МКЭ дает возможность учитывать особенности архитектуры выработок, зоны поворота, схемы обрушения пород, полости от предыдущей выемки и др. Предложенная технология позволяет отрабатывать сложноразвлекательные твердые минералы при начальных затратах в ~ 3 раза меньших, чем при использовании лав, и вовлечь в добычу забалансовые запасы.

Работа выполнена по программе МОН РК АР05134441 «Разработка, изготовление и испытание новой конструкции поворотного узла конвейера с поворотом грузопотока на угол до 90 градусов в плоскости почвы выработки для систем забойной выемки и криволинейных выработок».

Список литературы

1. Трубецкой К.Н. Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко. – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – 360 с.
2. Бейсембаев К.М. Исследование особенностей состояния горных пород в недрах / К.М. Бейсембаев, С.С. Жетесов, М.Н. Шманов // Комплексное использование минерального сырья. – 2009. – № 3. – С. 3–11.

3. Садовский М.А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс / М.А. Садовский, Л. Г. Болховитинов, В.Ф. Писаренко. – М.: Наука, 1987. – 100 с.

4. Шемякин Е.И. К вопросу о классификации горных ударов / Е.И. Шемякин, М.В. Курленя, Г.И. Кулаков // ФТПРПИ. – 1986. – № 5. – С. 3–11.

5. Физические и информационные аспекты формоизменения сооружений / К.М. Бейсембаев [и др.] // Вестник КарГУ им. Е.А. Букетова. Серия Физика. – 2006. – № 2 (42). – С. 53–62.

6. Зональная дезинтеграция вокруг очистных выработок / М. Ройтер [и др.] // ФТПРПИ. – 2015. – № 2. – С. 46–52.

7. Исследование состояния горного массива при подвигании лавы / К.М. Бейсембаев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – № 3. – С. 69–76.

8. Beysembayev K.M., Reshetnikova O.S., Nokina Zn.N., Teliman I.V., Asmagambet D.K. New technologies of mining stratal minerals and their computation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Simulation and automation of production engineering, March 2018, Vol. 327, no. 327, pp. 1–7. DOI: 10.1088/1757-899X/327/2/02/2012.

9. Мельников Н.Н. Техногенные геодинамические процессы при освоении нефтегазовых месторождений шельфа Баренцева моря / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник, Н.А. Калашник // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 4. – С. 601–608.

10. Калашник А.И. Геодинамические аспекты освоения Штокмановского месторождения / А.И. Калашник, Н.А. Калашник // Газовая промышленность. – 2009. – № 12. – С. 36–40.

References

1. Trubeczkoj K.N. Geo`kologiya osvoeniya neдр i e`kogeotexnologii razrabotki mestorozhdenij / K.N. Trubeczkoj, Yu.P. Galchenko. – М.: ООО «Nauchtextlitizdat», 2015. – 360 p.

2. Bejssembaev K.M. Issledovanie osobennostej sostoyaniya gornyx porod v nedрах / K.M. Bejssembaev, S.S. Zhetesov, M.N. Shmanov // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. – 2009. – № 3. – pp. 3–11.

3. Sadovskij M.A. Deformirovanie geofizicheskoy sredy i sejsmicheskij process / M.A. Sadovskij, L.G. Bolxovitinov, V.F. Pisarenko. – М.: Nauka, 1987. – 100 p.

4. Shemyakin E.I. K voprosu o klassifikacii gornyx udarov / E.I. Shemyakin, M.V. Kurlenya, G.I. Kulakov // FTRPPI. – 1986. – № 5. – pp. 3–11.

5. Fizicheskie i informacionny`e aspekty` formoizmeneniya sooruzhenij / K.M. Bejssembaev [i dr.] // Vestnik KarGU im. E.A. Buketova. Seriya Fizika. – 2006. – № 2 (42). – pp. 53–62.

6. Zonal'naya dezintegraciya vokrug ochnistnyx vy`rbotok / M. Rojter [i dr.] // FTRPPI. – 2015. – № 2. – pp. 46–52.

7. Issledovanie sostoyaniya gornogo massiva pri podviganii lavy / K.M. Bejssembaev [i dr.] // Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Gornyy zhurnal. – 2013. – № 3. – pp. 69–76.

8. Beysembayev K.M., Reshetnikova O.S., Nokina Zn.N., Teliman I.V., Asmagambet D.K. New technologies of mining stratal minerals and their computation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Simulation and automation of production engineering, March 2018, Vol. 327, no. 327, pp. 1–7. DOI: 10.1088/1757-899X/327/2/02/2012.

9. Mel'nikov N.N. Texnogenny`e geodinamicheskie processy` pri osvoenii neftegazovyx mestorozhdenij shel'fa Barenceva morya / N.N. Mel'nikov, A.I. Kalashnik, N.A. Kalashnik // Vestnik MG TU. – 2009. – Т. 12, № 4. – pp. 601–608.

10. Kalashnik A.I. Geodinamicheskie aspekty` osvoeniya Shtokmanovskogo mestorozhdeniya / A.I. Kalashnik, N.A. Kalashnik // Gazovaya promy`shlennost'. – 2009. – № 12. – pp. 36–40.