



Г. Г. ЛИТВИНСКИЙ,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)

Горное дело было источником и своеобразным локомотивом технического прогресса в период первой (1750–1825 гг.) и второй (1825–1900 гг.) научно-технологических революций, т. е. в течение полутора столетий. Однако вот уже более полувека обобщенные показатели работы отечественной горной промышленности не улучшаются, обнаруживая явные приметы стагнации, несмотря на внедрение новой техники и технологии. Так, в начале прошлого века добыча угля на одного занятого на шахте работника была 1–2 т/сут и такой она остается и донныне с тенденцией к понижению [1]. Это объясняется не столько существующим структурно-финансовым кризисом, и даже не ухудшением горно-геологических условий разработки и снижением глубины работ, сколько серьезными научно-техническими противоречиями и проблемами, накопившимися в горной промышленности:

- опасность и вредность подземных работ – высокие температура и пожароопасность, внезапные выбросы угля, породы и газа, неэффективное проветривание, частые аварии и катастрофы (взрывы газа и пыли, обрушения пород, угроза затопления) и др.;

- низкая экологичность – отвалы породы, загрязнение поверхно-

* В порядке обсуждения.

Базовые принципы развития горной промышленности и священные заповеди горняка*

сти шахтными водами, выбросами метана и пыли, необходимость отчуждения и рекультивации земель и пр.;

- технологические схемы вскрытия, подготовки и разработки узкофункциональны и специфичны, плохо адаптируются к изменению горно-геологических условий, требуют излишнего разнообразия горных машин и механизмов, не исключают ручной труд;

- горные машины и комплексы (комбайны, струги, механизированные крепи, забойные конвейеры и др.) не отвечают принципам фронтального воздействия на забой, поточности организации работ, автоматизации управления, непригодны для тонких пластов угля;

- удельные технико-экономические показатели шахт неудовлетворительны: высокие себестоимость 1 т угля, трудо-, энерго-, фондо- и капиталоемкость, амортизационные отчисления, низкая надежность работы.

История развития техники доказывает и мировой опыт подтверждает, что решить указанные проблемы на основе традиционных подходов невозможно. Следует изменить основные принципы работы шахт, перейти на горную технику и технологию нового уровня. Особенно это касается выемки из тонких и сверхтонких пластов, где сосредоточено более 80 % всех запасов угля в Донбассе [1].

Горная промышленность – неотъемлемый компонент любого технологического уклада на всех этапах научно-технического прогресса, начиная с промышленной революции XVIII–XIX вв. Развитие цивилизации в рыночной экономике проходит циклически [2–4]. Обычно выделяют тричетыре основных типа *экономических циклов* с возрастанием лага по мере возрастания значимости (рис. 1):

1) краткосрочные Китчина (период 3–4 года) – состоят в нарушении и восстановлении равновесия движения товаров на потребительском рынке;

2) среднесрочные Жюгляра (период 7–11 лет) – обусловлены процессами обновления основного капитала (деловые циклы), их вызывают колебания инвестиционных расходов, ВВП, инфляция и безработица;

3) и 4) долгосрочные в виде ритмов Кузнеца (15–20 лет) и длинных волн Н. Д. Кондратьева (45–60 лет) – возникают при совпадении точек максимального спада деловой активности длинноволнового и среднесрочного циклов.

Особенно важны длинные волны Кондратьева, или большие циклы конъюнктуры, названные в честь выдающегося русского экономиста Н. Д. Кондратьева. Долгосрочные циклы возникают на основе накопления капитала для создания новой инфраструктуры и обусловлены скачкообразным характером развития научно-технического прогресса. Эти циклы вызываются перестройкой в рыночной экономике сверхкапиталоемких, громоздких базовых отраслей (горная промышленность, металлургия, энергетика, транспорт и др.), и они проявились в конце XVIII – середине XIX в.; в середине XIX – конце XX в.; в середине XX – начале XXI в.

Материальная основа «длинных волн» – изменение технологических укладов. Ученые отследили около шести экономических циклов, обуслов-

ленных длинными волнами Кондратьева. При этом на каждом из них во многом кардинально меняется технологический уклад и возникают принципиально новые технические решения, которые устраняют накопившиеся противоречия (технические, экономические и, в последнюю очередь, с запаздыванием – социальные). Условно экономисты выделяют следующие шесть *технологических укладов*:

первый – 1800–1845 гг. — текстильные фабрики, промышленное использование каменного угля;

второй – 1845–1890 гг. — угледобыча и черная металлургия, железнодорожное строительство, паровой двигатель;

третий – 1890–1945 гг. — тяжелое машиностроение, электроэнергетика, неорганическая химия, производство стали и электрических двигателей;

четвертый – 1945–1980 гг. — двигатели внутреннего сгорания, автомобили и другие машины, химическая промышленность, нефтепереработка, массовое производство;

пятый – 1980–2020 гг. — развитие электроники, робототехники, вычислительной, лазерной и телекоммуникационной техники;

шестой – 2020–2060 гг. — возможно, конвергенция нано-, био-, информационных и когнитивных технологий.

Пятый технологический уклад основан на применении достижения микроэлектроники в управлении физическими процессами; шестой – на применении нанотехнологий, т. е. на уровне одной миллиардной метра. Наноуровень позволяет менять молекулярную структуру вещества, придавать ему принципиально новые свойства, проникать в клеточную структуру живых организмов, видоизменяя их.

В настоящее время происходит становление нового, шестого технологического уклада. Этот процесс проявляется через финансовый и структурный кризис эконо-

мики ведущих стран мира, что сопровождается скачками цен, особенно на энергоносители и другие сырьевые материалы, т. е. связано с проблемами сырья и горной промышленности.

Для преодоления этих кризисов недостаточно мер по спасению банковской системы или реанимации финансового рынка. Они должны быть дополнены программами стимулирования роста нового технологического уклада, подъем которого только и может создать новую длинную волну экономического роста.

С. П. Капица утверждал [5]: «...развитие такой динамической системы не только нелинейное и необратимое, но и далекое от равновесия и в настоящее время завершается демографической революцией. Это фазовый переход в новое состояние именно в физическом смысле. За всю свою историю человечество никогда прежде не переживало такой глубокой перестройки системы, что и делает наше время столь уникальным...».

В период становления нового технологического уклада ведущую роль играют новаторы, которые первыми осваивают его базовые нововведения. Сейчас происходит спад пятого уклада и начало шестого. Важно подчеркнуть, что горное дело и металлургия существенно отстают и пока остались на уровне трех-четырех укладов, и лишь частично вошли в пятый уклад.

Основными этапами развития горной промышленности следует считать периоды качественного изменения горной техники и технологии, завершающие постепенное накопление изменений количественных показателей основных производственных процессов в виде нового технологического уклада.

Так, за весь период развития угольная промышленность в соответствии с изменением экономических укладов прошла несколько этапов развития: ручной техноло-

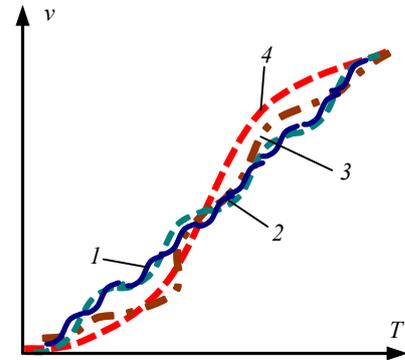


Рис. 1. Наложение (суперпозиция) экономических циклов с разными лагами. Номера кривых соответствуют номерам циклов.

гии с применением простейших инструментов и приспособлений (доисторический начальный вплоть до XX века), механизированного разрушения угля врубовыми машинами (1920–1940), использования добычных комбайнов (1940–1960) и стругов (1950–2000). В 1960–70-х гг. была поставлена задача полной механизации подземных работ и появились первые попытки разработать безлюдную технологию добычи угля. Наконец, XXI век на первый план выдвинул проблему создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в горной промышленности. Однако это потребует от горняков глубокого осознания и умелого использования новых доктрин и принципов работы, разработки новых образцов горной техники и технологии.

Одна из важнейших теорий длинных волн – инновационная. Она разработана австрийским экономистом Й. А. Шумпетером, автором оригинальной концепции экономического развития, который одним из первых воспринял и применил идею циклов Кондратьева [6]. По мнению Шумпетера, при капитализме некоторых предпринимателей не устраивают низкие прибыли, они более инициативные, предприимчивые и смелые, чем другие, внедряют в производство новые товары и виды техники, от-

Антагонизм доктрин развития науки и техники

Консервативная (старая)	Прогрессивная (новая)
Стабилизация достигнутых параметров, линейные прогноз и экстраполяция тенденций развития, статические подходы, инвестиции в копирование и воспроизведение привычных решений и проектов	Новые идеи и концепции, учет нелинейности, динамичности при прогнозе и планировании фазовых качественных переходов, инвестиции в инновации на всех этапах производственного цикла
Рассмотрение частных задач, поэтапные усовершенствования традиционных технических решений, практика устранения «узких мест» на базе прошлого опыта, использование местных экстремумов оптимизации параметров	Системный подход к решению проблем, кардинальная ревизия общепринятых подходов и воззрений, преодоление «вектора инерции» мышления, поиск и развитие новаторских идей и решений, использование «опережающего» мышления и глобальных экстремумов
Концепция экстенсивного развития технологии и техники: увеличение мощности, массы, размеров, скорости, энерговооруженности; инвестиции в ремонты, реконструкцию	Концепция интенсивного развития базовых параметров техники и технологии, кардинальное изменение сути технологии и конструктивных принципов техники, инвестиции в патенты и ноу-хау
Лавинообразное накопление технических противоречий в технологии, технике и экономике в целом, снижение эффективности функционирования существующего экономического уклада, кризисы и потрясения	Осознание и преодоление на качественно новом уровне технических противоречий, создание новых научных направлений, активное многопараметрическое управление состоянием и развитием технологии, техники

крывают новые рынки и источники сырья, по-новому организуют производство, в результате чего образуется сверхприбыль. Экономика выходит из равновесного состояния, возникает период ускоренного роста (фаза процветания). Однако по мере исчерпания потенциала новых идей и технических решений скорость роста снижается. Наступает рецессия, которая возвращает экономику в равновесное состояние. При запаздывании внедрения новых идей экономика реагирует на спад роста ожиданием еще более худших условий, что переводит ее в депрессивную фазу (стагнации) до момента, пока не начнется новый цикл. Именно этот этап стагнации наступил в горной промышленности, да и в некоторых экономиках в целом.

Важная характерная особенность смены фаз технологических укладов – они происходят путем их необратимого формирования через поток случайностей, образующих с неизбежной объективной закономерностью каждый последующий виток спирали развития. В основном технологические уклады сменяются как бы самопроизвольно в виде проявления объективных и не вполне осознанных законов развития общества и экономики.

Обобщая особенности такого развития, попытаемся сформулировать научную доктрину, которая неявно, но неотвратимо довлеет над процессом такого развития техники и экономики. Условно назовем ее консервативной, или экстенсивного роста. На смену ей пробивается путем антагонистического отрицания новая, прогрессивная доктрина развития. В отличие от прошлых технологических укладов надо вполне осознанно и целеустремленно совершить переход на новый уровень, опираясь на прогрессивную доктрину.

Новая научная доктрина прогрессивного развития способствует выявлению наиболее динамичных тенденций и направлений в фундаментальной и прикладной науке и раскрывает широкие возможности их воплощения в производственную и социальную деятельность человека. Следовательно, для интенсивного типа экономического роста характерен технический прогресс, а значит и повышение производительности труда.

Научная концепция «Шахта XXI века»

В приложении альтернативных научных доктрин к горной промышленности следует рассмотреть существующий уровень горной техники и технологии, выявить присущие им технические противоречия и неявно бытующие технические реликты и «векторы инерции мышления».

Технико-экономический анализ и прогнозные оценки тенденций развития горной техники и технологии позволили определить нечто устаревшее, чуждое новому времени, так называемые реликты горной промышленности, которые стали тормозом для ее дальнейшего развития и от которых надо (и можно) полностью отказаться:

- *резцы* – в рабочих органах проходческих и выемочных комбайнов;
- *редукторы* – в стационарных и самоходных конструкциях горных машин;
- *рельсы* – в подземном транспорте по горным выработкам;
- *трубы* – при рудничном водоотливе и вентиляции;
- *канаты* – в шахтном подъеме;

- *электричество, провода и кабели* – в подземном силовом энергоснабжении;
- *целики и промышленные потери* – при горных работах;
- *обрушение и забойные крепи* – при управлении кровлей в очистном пространстве;
- *отвалы породы и терриконы* – на поверхности шахт и рудников;
- *стационарное оборудование и устройства* – подъемные машины, скипы, клетки, опрокиды, насосы, компрессоры, копры, вентиляторы главного и местного проветривания, лебедки, комбайны избирательно- и роторного действия, буровзрывные работы для проходки выработок, погрузочные машины, электровозы, рамные крепи и др.;
- *поверхностный комплекс* – здания и сооружения (АБК, котельная, компрессорная, здания подъемных машин, погрузочный пункт, бункеры, эстакады, галереи, силовая подстанция электроснабжения, железнодорожный узел, калориферная и др.).

Перечисленные оборудование и устройства можно заменить новыми техническими решениями, с существенно (в разы) более высокой эффективностью. Так, отказ от резцов, основанных на принципе резания каменных материалов, и замена их новыми конструкциями шарошек, с помощью которых разрушают породу напорным сколом, позволяет снизить расход энергии в 1,5–2 раза и повысить стойкость и наработку на отказ инструмента в десятки раз. Отказ от редукторов и замена гибридными трансмиссиями с силовым объемным гидроприводом в стационарных и самоходных подземных машинах повышает их эффективность в 7–10 раз.

На основе анализа основных показателей новой научной доктрины и отказа от старого мышления в горной промышленности автором предложена новая научная концепция «Шахта XXI века», для которой характерны принципиальные отличия, связанные с разработкой поточной проходческо-выемочной технологии, обеспечивающей интенсивную разработку тонких высокогазоносных угольных пластов на больших глубинах в инертной газовой среде с применением новых автоматизированных комплексов горных машин и стационарного оборудования [7].

Однако, если отвлечься от рассмотрения достаточно сложных и узкоспециальных вопросов технического решения проблем горной промышленности в рамках новой концепции, можно сделать вывод о потребности в простой и доступной формулировке важных положений, которых должен придерживаться горняк при ведении горных работ. Для этого можно взять за образец непреложные правила, которые сформулированы в области религии и морали еще в древности в виде священных заповедей.

Бог дал людям Десять заповедей, которые были положены в основу этики и морали человечества на тысячелетия. Сейчас пришло время создать неизмеримо меньшего масштаба, но все же полезную непротиворечивую и четкую технико-технологическую опору для горного инженера, а совместными усилиями горняков – кодекс, правила, принципы, которых следует неуклонно придерживаться при ведении горных работ.

Предлагаем первые наброски к заповедям, пригодным для всех экономических циклов.

Священные заповеди горняка

1. Обеспечь безопасность работ! Не вреди, а улучшай экологию!
2. Не веди никаких работ без привлечения экспертов и ученых.
3. Не инвестируй без инноваций.
4. Минимизируй численность кадров, путем обучения и роста сделай их лучшими.
5. Не выпускай продукцию без жесткого контроля качества.
6. Заменяй ручной труд – механизацией, механизацию – автоматизацией, автоматизацию – мехатроникой, машины – комплексами, комплексы – агрегатами, агрегаты – роботами.
7. Отвергай проекты, где нет новых идей.
8. Не приступай к горным работам без тщательного изучения геологии, состояния и свойств горного массива.
9. Минимизируй потери полезного ископаемого, породу и отходы оставляй в шахте.
10. Готовь своевременно новые горизонты и фронт очистных работ.
11. Избегай остановок горных работ, веди их с максимальными темпами.
12. Предельно концентрируй горные работы: минимизируй длину горных выработок, число проходческих и очистных забоев.
13. Не веди одновременно добычу на разных пластах и горизонтах.
14. Вскрываай пласты центрально сдвоенными стволами на нижнюю границу шахтного поля.
15. Отрабатывай пласты в нисходящем порядке от границ к стволам столбами по падению.
16. Применяй поточную технологию работ и фронтальную обработку забоя.

17. Исключи очистные работы ниже уровня околоствольного двора.
18. Используй нисходящий транспорт ископаемого по выработкам.
19. Упрости вентиляцию, а лучше – веди работы в нейтральной газовой среде.
20. Не веди ремонты в шахте, обеспечь работу оборудования «на ресурс».

Такой же перечень правил и рекомендаций можно сделать для каждой профессии и даже для каждого технологического процесса (транспорт, энергоснабжение, вентиляция, взрывные работы и т. д.). Они будут полезны прежде всего студентам и молодым специалистам, особенно, если возникают аварийные ситуации при их нарушении.

Приведем несколько примеров, подтверждающих полезность выполнения заповедей и борьбы с реликтами инерции мышления. При этом автор воспользуется общесистемной научной разработкой «Шахта XXI века» [7].

Основные и принципиальные преимущества проходческого фронтального комбайна КПФ MIR (рис. 2) – поточная непрерывная технология; полная автоматизация с использованием принципов мехатроники; разрушение прочных пород шарошками с высокими напорными усилиями на забой (до 2000–3000 кН); исключение дорогих и громоздких редукторов; точность трассы выработки и высокая маневренность (радиус поворота до 10 м); безопасность и комфортность труда; рост производительности в 7–12 раз; снижение стоимости проходки в 3–4 раза; период окупаемости — менее 4–6 мес.; универсальность применения по крепости пород и типу выработок, простота и дешевизна конструкции. Комбайн может составить серьезную конкуренцию зарубежным фирмам на международном рынке горного оборудования, его ежегодная потребность только в странах СНГ оценивается в 500–700 ед.

Агрегат фронтально-шнековый для технологии безлюдной выемки угля АФШВ в виде шнекового става вдоль лавы (длина около 100 м), оснащенного шарошками для фронтального разрушения угля и транспортирования его в конвейерный ходок (рис. 3). Скорость фронтального перемещения агрегата колеблется в пределах 0,05–2 мм/с. Поскольку агрегат наполовину «спрятан» в массиве угля и быстро движется (до 50–

100 м/сут), нет необходимости в креплении кровли, которая, не успевая обрушаться, переходит в режим плавного опускания. Присутствие людей в лаве исключено, в проветривании нет необходимости.

Достоинства АФШВ – безлюдная добыча; поточность технологии и полная автоматизация работ; высокая производительность (150–200 т/ч, или 4–6 тыс. т угля в сутки из лавы длиной 100 м); отсутствие подготовительных и вспомогательных операций; работа в нейтральной газовой среде без проветривания; простота и низкая стоимость конструкции агрегата; возможность разработки тонких и сверхтонких пластов угля (от 0,4 м) с углами падения до 40–50°; короткий (до 1 мес) срок окупаемости.

В Донбасском ГТУ проанализированы наиболее перспективные направления развития шахтного подъема, на основании которых предложено альтернативное канатному решение этой проблемы – *гидродомкратный подъем и водоотлив*, включающие (рис. 4) колонны груженых и порожних боксов вместимостью около 1 м³; скользящих в стволе по проводникам с помощью гидродомкратов, расположенных в стволе через 120–150 м на опорных станциях. Операции погрузки и разгрузки боксов происходят на компактных (площадью 3 м²) автоматических роторных линиях. Производительность шахтного ствола с ГДПВ составляет 20 тыс. м³ в сутки и не зависит от глубины подъема; удельные затраты энергии на 1 т груза в 2 раза ниже, чем при канатном подъеме, а стоимость оборудования и обслуживания — в 3–4 раза. Исключаются подъемные машины, копры, канаты, здания и сооружения на поверхности и др. Подъем можно использовать для откачки рудничных вод, отказавшись от традиционных систем водоотлива с насосными станциями, трубопроводами и другими сооружениями.

Универсальная система вскрытия, подготовки и точной разработки высокогазоносных угольных пластов – без целиков в нейтральной газовой среде до глубины 2–3 км с поточной технологией, оставлением пустой породы в шахте и сокращением общей протяженности выработок в 1,5–2 раза. Шахтоучасток (рис. 5) вскрывают двумя центрально-сдвоенными шахтными стволами, привязанными к нижней границе по падению пласта. Затем от ствола с использованием комбайна MIR широким ходом по углю проходят магистральные штрек,

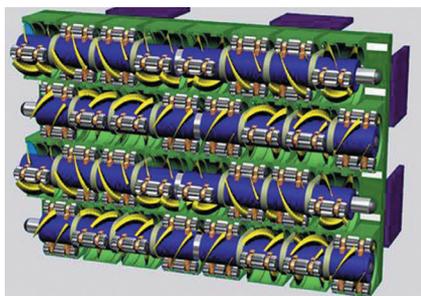


Рис. 2. Проходческий комбайн КПФ MIR.

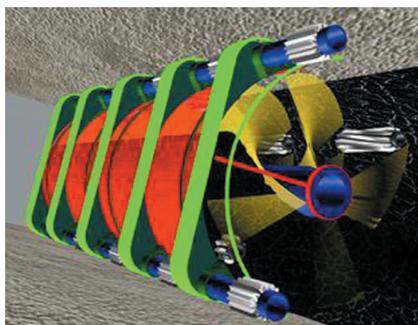


Рис. 3. Выемочный агрегат АФШВ.

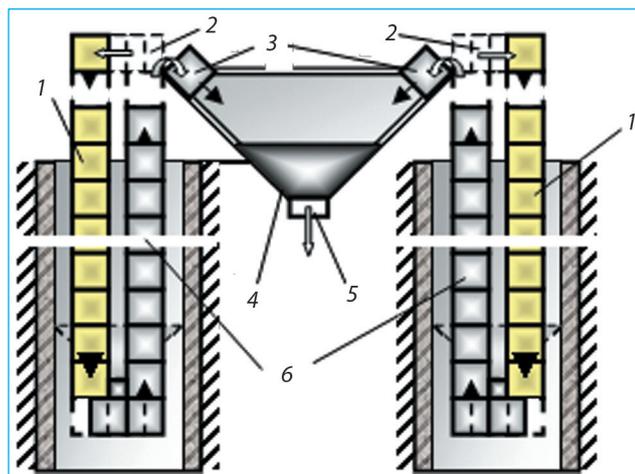


Рис. 4. Гидродомкратный подъем и водоотлив ГДПВ: 1 и 6 – колонны боксов пустых и грузеных; 2 – роторная линия разгрузки боксов; 3 – разгрузка боксов в бункер 4; 5 – выпускной люк.

формируя бремсберговый горизонт. Разработку участка начинают от его границ в сторону стволов (обратный порядок). Сначала проводят восстающую выработку из магистрального штрека снизу вверх по восстанию пласта и одновременно вслед за КПФ MIR с помощью агрегата АФШВ формируют вспомогательную лаву, в которую затем бутовым фронтальным агрегатом АФШБ транспортируют пустые породы от проходки выработок. При проведении восстающей выработки и формировании вспомогательной лавы добывают 2–3 тыс. т угля в сутки.

Можно упомянуть и другие предложенные в рамках концепции «Шахта XXI века» инновационные технические решения: систему подземного газообмена с использованием нейтральной газовой среды и улавливанием метана; новые конструкции подвижного состава колесного подземного транспорта для грузов и горняков; аэропоршневой лифт для безопасного вертикального транспорта людей и грузов; замену электродвигателей на автономные метанодизели с использованием метана как энергоносителя; полную смену идеологии и конструктивных принципов поверхности шахты и т. д.

Примеры технических решений, заменяющих существующие, достаточно хорошо отвечают смыслу священных заповедей горняка и вполне соответствуют поставленным задачам отказа от реликтов инерции инженерной мысли в горной промышленности. Возрождение горной промышленности потребует принятия смелых проектных и организационных решений с учетом технического и научного уровня грядущего шестого технологического уклада. Только такой подход

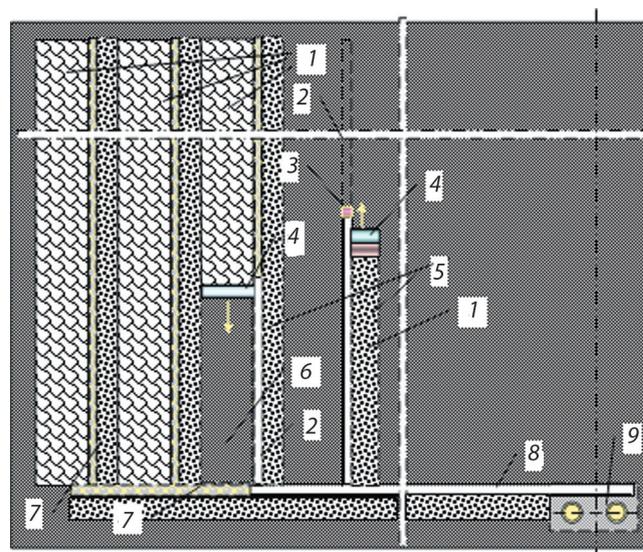


Рис. 5. Технология отработки тонких пластов угля: 1 – выработанное пространство; 2 – восстающие выработки (бремсберг); 3 – проходческий фронтальный комбайн КПФ; 4 – агрегат АФШВ; 5 – бутовые полосы в раскосах; 6 – выемочный столб угля; 7 – погашенные выработки; 8 – сборный штрек; 9 – околоствольный двор.

способен гарантированно обеспечить успех в конкурентной борьбе на мировых рынках за получение дешевых и качественных сырьевых ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Litvinsky Garry G.* Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukrainkich kopalniach wegla kamiennego Zaglebia Donieckiego / Garry G. Litvinsky // Proceeding of the School of Underground Mining 2002: International Mining Forum. – Krakow: Nauka-Technica, 2002. – 343–363 pp.
2. *Mabry R.* Introduction to economic principles / R. Mabry, H. Ulbrich. – USA: McGraw-Hill, 1989. – P. 446.
3. *Гринин Л. Е.* Глобальный кризис в ретроспективе: Краткая история подъемов и кризисов: от Ликурга до Алана Гринспена / Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. – М.: Либроком, 2010. – 336 с.
4. *Меньшиков С. М.* Длинные волны в экономике. Когда общество меняет кожу / С. М. Меньшиков, Л. А. Клименко. – М.: Международные отношения, 1989. – 272 с.
5. *Капица Сергей.* Парадоксы роста: Законы развития человечества / Сергей Капица. – М.: Альпина Нон-фикшн, 2010. – 192 с.
6. *Шумпетер Й.* Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
7. *Литвинский Г. Г.* Концепция инновационного развития техники и технологии подземной добычи угля / Г. Г. Литвинский // Горный журнал. – 2012. – № 8. – С. 94–98.