

ПРАКТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕХАНИКА НА ШАХТАХ ДТЭК: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

А.В. Смирнов, В.И. Пилюгин, ПАО «ДТЭК Энерго», Украина

Несмотря на то, что горное дело является «краеугольным камнем» в традиционных направлениях человеческой деятельности, горная наука на сегодня не относится к числу фундаментальных. Известная энциклопедия [1] определяет ее как «комплекс знаний об освоении ресурсов недр и первичной переработке добытых полезных ископаемых». Соответственно, основной целью этой науки «является раскрытие закономерностей и причинно-следственных связей технологий и геологической среды (горного массива), а также создание основ для коренного совершенствования техники, технологии, организации и экономики горного производства на базе фундаментальных наук».

Для угледобывающей отрасли, структурно состоящей из производственных, управленческих и обслуживающих научно-проектно-экспертных подразделений, наиболее важной в спектре горно-физических наук является геомеханика как направление обеспечения устойчивости подземных горных выработок. При этом непосредственно для угольных шахт в наибольшей мере представляет интерес не столько исследовательская, сколько «результатирующая» составляющая этой науки – практическая геомеханика.

Практическая геомеханика – это сфера инжиниринга по разработке, проектированию и опытно-промышленной проверке новых технологий повышения устойчивости горных выработок, а также адаптации нормативной базы, необходимой для внедрения полученных результатов в горное производство.

Цель практической геомеханики – постоянное совершенствование технологий горного производства как основного технического и экономического условия обеспечения конкурентоспособности угледобывающего предприятия.

Угольные шахты компании ДТЭК Энерго отличаются большим разнообразием условий поддержания горных выработок: от благоприятных и средних в Западном Донбассе, до весьма сложных в Добропольском регионе (рис. 1). На момент формирования общего корпоративного центра управления в 2005 году основные угольные активы ДТЭК находились в г. Павлограде (ш-ты ПО «Павлоградуголь») и в г. Кировское (ш-та «Комсомолец Донбасса»). Специфика геологических условий и отсутствие единой технической политики в тот период обусловили наличие различных подходов к креплению, которые не всегда и не в полной мере соответствовали последним достижениям практической геомеханики. В выработках в основном применялось обычное арочное рамное крепление из спецпрофиля СВП, доля повторного использования участков не превышала 15%, отсутствовала научно обоснованная программа развития технологий крепления и способов поддержания. Под это состояние практической геомеханики была разработана и действующая нормативная база. В целом, можно констатировать, что в начальный период становления угольного сектора ДТЭК входящие в него шахты использовали различные, не всегда оправданные технические и не самые эффективные экономические подходы к решению проблемы сохранения устойчивости горных выработок.



Рис. 1. Карта расположения угольных предприятий Украины и шахт компании ДТЭК Энерго (выделены красным цветом): 1 – граница зоны осадочных угленосных отложений; 2 – положение Криворожско-Павловского сброса

За последние 10 лет ДТЭК смог существенно продвинуться в развитии технологий крепления и поддержания выработок. В этом направлении были достигнуты следующие основные технические результаты:

1. Переход на технологию рамно-анкерного крепления магистральных и участковых подготовительных выработок.
2. Переход на столбовые системы разработки;
3. Обеспечение повторного использования участковых выработок, поддерживаемых в благоприятных и средних условиях.

Для формирования стратегических направлений развития вопросов практической геомеханики и обеспечения их реализации на шахтах ДТЭК в корпоративном центре управления в 2015 году была создана специальная Группа горного давления.

Стратегические направления практической геомеханики.

1. Внедрение новых планировочных решений при обосновании программ развития горных работ.

Опережение и растущий разрыв между возможностями современных технологий добычи по сравнению с возможностями подготовки запасов к выемке стали важнейшим фактором и, одновременно, стимулом эволюции столбовых систем разработки.

Основные направления этой эволюции следующие:

- удлинение лав и выемочных полей для увеличения объемов подготавливаемых к выемке запасов и снижения удельной длины проводимых выработок;
- изменение схем подготовки очистных забоев для снижения потерь времени на ввод в эксплуатацию новых лав и обеспечения безопасности ведения работ.

1.1. Увеличение длины лав и выемочных полей.

Достигнутый уровень очистного оборудования позволяет практически без технических

осложнений увеличивать длины лав до 300 м и более. Основными сдерживающими факторами в этом плане являются технологические:

- усложнение проветривания лавы;
- сложности выполнения ремонтных работ в длинных лавах;
- обеспечение безопасности персонала при возникновении аварийных ситуаций в длинных лавах.

Свою лепту на технологию накладывает и человеческий фактор. При ограниченных размерах призабойного пространства, особенно при мощности пластов менее 1 м, процесс выполнения технологических операций горнорабочими усложняется. Удлинение лавы в этих условиях ведет к снижению удельного времени концевых операций, т. е. фактически повышает интенсивность труда.

Тем не менее, тенденция постепенного и планомерного роста длины действующих лав является одним из главных принципов стратегического планирования и разработки программ развития горных работ на шахтах ДТЭК (исключением – шахты, обрабатывающие пласты с высокой обводненностью: «Днепровская», «Самарская», им. Н.И. Сташкова и др.).

В настоящее время средняя длина 74-х действующих на шахтах ДТЭК очистных забоев (при среднединамической вынимаемой мощности пласта 1,16 м) составляет 255,0 м. Средняя длина 10-ти лучших в рейтинге компании очистных забоев – 273,5 м, а 10-ти худших – 249,7 м. Самым длинным является очистной забой 42-й панельной лавы пласта **К₆** ш-ты «Красный партизан» (355 м), а самым коротким – забой 832-й лавы пласта **С₈** ш-ты «Днепровская» (152 м). Практический опыт показал, что при работе в зонах отсутствия горно-геологических осложнений, наиболее приемлемым является интервал 285 – 300 м. Дальнейшее увеличение длины лавы, как правило, не приводит к улучшению ее технико-экономических показателей.

Рост нагрузок на лавы и высокая стоимость очистного оборудования (лаво-комплектов) делают экономически выгодным также и увеличение длины подготавливаемых выемочных столбов. Очевидно, что если придерживаться старых проектных решений и делать упор на отработку полей длиной около 1000 м, то при подвигании 200 м/мес. запасы участка будут отработаны всего за 5 месяцев. По истечении этого времени для сохранения стабильного уровня добычи необходимо провести выемочные и нарезные выработки и смонтировать новый комплекс. Если его нет в наличии, то встает вопрос о необходимости перемонтажа эксплуатируемого оборудования в новый забой. Это связано с дополнительными потерями времени и, соответственно, с потерями добычи. Таким образом, рост длины выемочных столбов увеличивает время отработки лав и снижает затраты на монтажно-демонтажные работы.

Наиболее благоприятные условия для увеличения длины выемочных столбов имеют место на шахтах Западного Донбасса, которые характеризуются небольшой глубиной разработки, выдержанными по мощности пластами и небольшими углами их падения. Для иллюстрации этой тенденции на рис. 2 представлена выкопировка из плана горных выработок пласта **С₉** блока №2 ш-ты «Западно-Донбасская» с выемочными полями 1027-й, 1029-й и 1031-й лав. Длина смежных отработанных столбов изменяется от 1140 м (2008 г., 1027-я лава) до 1800 м (2015 г., 1031-я лава) и даже достигает 2840 м (2013 г., 1029-я лава). Несмотря на постоянный рост длины очистных забоев и выемочных столбов на шахтах Павлограда в 2014 году для обеспечения планового уровня добычи было введено в эксплуатацию 36 новых лав при 29 действующих, т.е. коэффициент ввода-вывода по объединению составил 1,24.

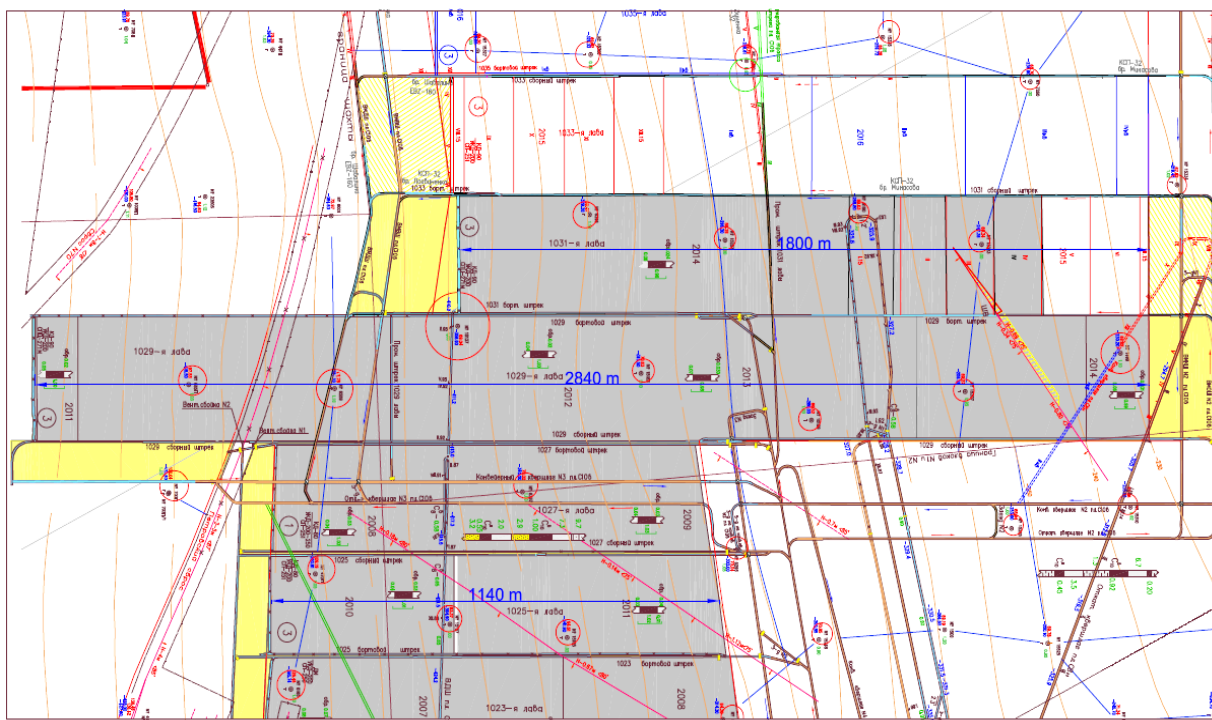


Рис. 2. Выкопировка из плана горных выработок пласта С₉ блока №2 ш-ты «Западно-Донбасская»

Таким образом, на шахтах Западного Донбасса было практически доказано, что при подготовке к выемке тонких пологих угольных пластов на современном этапе развития механизации выемки оптимальная длина очистных забоев составляет 285-300 м, а размеры выемочных столбов вполне могут достигать 2,5 км и более. В настоящее время этот опыт распространяется на предприятия Восточного Донбасса и Добропольского региона.

В целом, реализованная ДТЭК тенденция увеличения параметров выемочных столбов действующих лав позволила сбалансировать процесс подготовки и отработки очистных забоев с учетом имеющихся технических и финансовых возможностей, что обеспечило достижение запланированных стратегией развития ДТЭК технико-экономических показателей добычи.

1.2. Совершенствование схем подготовки очистных забоев, оборудованных струговыми установками.

В настоящее время самой высокопроизводительной и безопасной технологией добычи угля длинными очистными забоями является струговая выемка. Мировой опыт доказал, что эта технология в соответствующих условиях и правильной организации труда может обеспечить самые высокие технико-экономические показатели добычи.

Так как серийно производимые импортные струговые установки не предназначены для отработки весьма тонких пластов, выемочный комплекс **BUSAIRUS** для шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» создавался по специальному заказу. В техническом задании на проектирование закладывались: вынимаемая мощность пласта – 1,05 м, весьма неустойчивая кровля прочностью $\sigma_{сж} = 20$ МПа, крепкий вязкий уголь марки Г прочностью $\sigma_{сж} = 20$ МПа, высокая газоносность пласта, длина лавы 300 м, глубина ведения работ – до 400 м. Изготовленное и поставленное на шахту оборудование имело две важных конструктивных особенности:

- секции механизированной крепи DBT представляют собой массивные трудноразборные конструкции длиной 5,993 м массой 9,5 т;
- приводные станции скользящего струга GN800 вынесены на штреки и имеют ширину 4,8 м.

Обеспечение нормальной эксплуатации такого стругового комплекса в условиях пласта С₆ при вынимаемой мощности пласта 1,05 м и проектном сечении выемочных ходков 17,2 м² потребовало двух достаточно существенных конструктивных изменений столбовой системы разработки.

Проведение дополнительной выработки – демонтажной камеры.

Демонтаж оборудования из отработанных комбайновых лав на шахте обычно осуществляется без проведения дополнительных выработок. Секции механизированной крепи выдаются из забоя последними, после комбайна и конвейера. При этом, для разворота секций в лаве с них предварительно снимаются консольные перекрытия. Призабойное пространство, освободившееся после демонтажа очередной секции, крепится деревянными стойками под доску. Его ширина в процессе демонтажа не увеличивается. Переход в новую лаву таким способом составляет в среднем 60 суток.

Описанная технологии неприменима для демонтажа струговых лав ввиду большой длины секций и невозможности снятия их перекрытий, что не позволяет производить их разворот в лаве при исходной ширине рабочего пространства. В связи с этим принято решение модернизировать применяемую систему разработки. В зоне будущей остановки забоя параллельно очистной линии проводилась дополнительная выработка, имеющая функция демонтажной камеры. При доработке лавы очистное оборудование «выезжало» в камеру, где после этого в относительно нестесненных и «комфортных» условиях осуществлялся демонтаж. Для транспортирования комплекса использовался монорельс. Демонтажная камера имела сечение 15,2 м² и крепилась двухуровневой рамно-анкерной крепью (рис. 3).

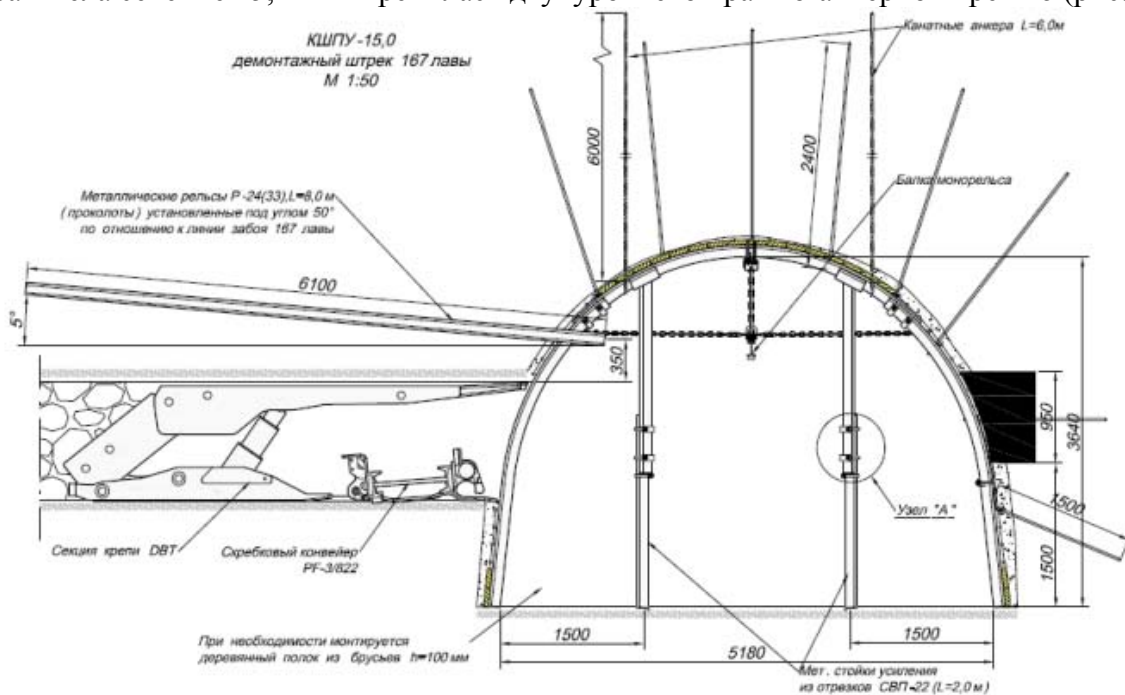


Рис. 3. Крепление демонтажной камеры 167-ой лавы пласта С₆ ш-ты «Стенная»

Первый демонтаж стругового комплекса **BUSAIRUS** по описанной технологии был успешно осуществлен в сентябре 2011 года. После этого до настоящего времени были осуществлены переходы еще 3-х очистных забоев. Их средняя продолжительность составила 49 суток, а экономия, достигнутая только при переходе 167-ой лавы при среднесуточной нагрузке 2826 т, составила 17,4 млн. грн.

Проведение спаренных выемочных выработок.

Первоначально при разработке долгосрочных программ развития горных работ на пласте С₆ для минимизации объемов проведения в струговых лавы планировалось

повторное использование выработок. По факту эта технология с большими сложностями была реализована только в одной 163-ей лаве. Основная причина – большие габариты вынесенных на штреки приводных станций струговой установки GH800, ограничивающие минимальную ширину выемочных выработок величиной 5,0 м. При проектном сечении ходков в свету 17,7 м², исходной ширине 5,4 м, несмотря на мощное двухуровневое рамно-анкерное крепление, остаточное сечение выработок после прохода первой лавы и выполнения подрывки почвы не превышало 12 м², а его ширина составляла не более 3,5 м. Таким образом, для эффективной отработки второй лавы возникала необходимость дорогостоящего перекрепления ходков, что ставило под сомнение целесообразность их повторного использования.

Для решения возникшей проблемы принятая за основу технологическая схема отработки была изменена в пользу применения спаренных выемочных выработок. С нижнего горизонта 490 м спаренная выработка проводилась с отставанием от лавы не менее 200 м. Навстречу ей с горизонта 300 м двигался второй подготовительный забой. Присечной целик между ходками составлял 3 м. В таблице 1 даны основные технико-экономические показатели отработки всех 5-ти струговых лав западного крыла блока №2 пласта С₆ шахты «Степная».

Таблица 1. Параметры систем разработки и сводные технико-экономические показатели работы струговых лав в условиях пласта С₆ ш-ты «Степная»

№	Лавы	Запасы, тыс. т	Длина, м		Суточная добыча, т		Подвигание		Потери при переходе	
			лавы	столба	средняя	max	среднее, м/мес	max, м/сут	времени, сут	добычи, тыс. т
1	161	752,281	300	2215	1950	4000	106,1	9,2	59	115,1
2	163	738,679	300	2211	2808	4510	181,3	10,3	46	129,2
3	165	745,414	300	2146	2645	5000	155,0	11,5	43	113,7
4	167	739,631	290	2081	2826	4570	174,5	10,5	48	135,6
5	169*	718,124	292	2006	2620	3973	147,3	9,1	в работе	

* _____ 169-я лавы начала отработку запасов в марте 2015 г.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в результате модернизации столбовой системы разработки, в струговых лавы, работающих в достаточно сложных горно-геологических условиях, в течение 5-ти лет и 3-х месяцев были достигнуты уникальные даже по мировым меркам результаты:

- добыто одним комплектом оборудования более 2 млн. 976 тыс. т рядового угля;
- вынута по площади более 2,57 км² пологого тонкого угольного пласта;
- достигнута среднесуточная нагрузка на лавы 2557 т при максимальном уровне добычи более 5000 т/сут.;
- достигнуто среднемесячное подвигание более 154 м/мес. при максимальном суточном 11,5 м.

Таким образом, при эксплуатации струговых комплексов, обеспечивающих суточные нагрузки около 3000 т и подвигания лавы более 5 м/сут, снижение затрат на выемку запасов столбов и безопасность работ достигается за счет добавления в систему разработки очистных забоев новых элементов: монтажных камер и спаренных выемочных выработок.

2. Внедрение современных технологий тампонажа закрепного пространства магистральных выработок.

Применение рамных жестких и податливых крепей в магистральных выработок

независимо от технологии их проведения сопряжено с возникновением полости в закрепном пространстве между породным контуром и крепью. Наличие пустот, в случае их не заполнения, приводит к возникновению динамических нагрузок на крепь, которые, согласно действующим нормам проектирования, компенсируются увеличением ее плотности.

Тампонаж широко использовался при строительстве угольных шахт Донбасса в 80-е годы. В тот период тампонажем называлась технология заполнения закрепного пространства песчано-цементными составами с одновременным инъекционным упрочнением приконтурных породных слоев. В результате создавалась 3-х слойная крепь, включающая: упрочненный горный массив, слой тампонажного камня и рамная крепь. Для создания первого слоя вмещающий горный массив должен был пройти стадию разрушения. Вследствие этого, тампонажные работы велись с достаточно большим отставанием от забоя со скоростью 30 – 50 м/мес. В настоящее время это не приемлемо, как с технологической, так и с экономической точек зрения.

В современной, более технологичной модификации тампонажа ДТЭК, основной акцент сделан на заполнение закрепного пространства в непосредственной близости от подготовительного забоя до начала разрушения пород.

В новой технологии, разработанной с участием лаборатории геомеханики НГУ, темпы тампонажных работ увеличены за счет следующих решений:

- ускорение пикетажа ж/б затяжки путем применения метода сухого торкретирования и машины АС-1 (технология торкрет-тампонажа);
- ускорение собственно тампонажных работ путем применения установок типа ПН-600 различной производительности;
- отказ от герметизации участков выработки «врубками» в пользу многократно используемых или одноразовых рукавов.

Для снижения стоимости тампонажных работ планируется:

- применение цементных растворов на основе шахтной породы;
- применение более дешевых и технологичных видов затяжки: объемной металлической сетки или из стального листа (профнастила);
- применение технологии набрызгбетонирования по объемной металлической сетке;
- применение подземных мобильных двухуровневых дробилок для шахтной породы нового типа Д-2У.



Рис. 4. Состояние 1-го западного магистрального конвейерного штрека г. 370 м ш-ты им. Героев космоса, проведенного с тампонажем закрепного пространства

Главным экспериментальным полигоном ДТЭК по вопросам совершенствования тампонажа является шахта им. Героев космоса, имеющая достаточно большой опыт применения этой технологии (рис. 4).

Широкое использование современных модификаций тампонажа закрепного пространства на шахтах ДТЭК Энерго позволит в среднесрочной перспективе существенно (примерно на 20 – 25%) снизить металлоемкость крепления магистральных выработок и оставлять в шахте до 50 тыс. м³ породы в год.

3. Применение замковых соединений нового технического уровня для рамных металлических крепей.

В настоящее время на шахтах ДТЭК Энерго применяются различные типы замковых соединений для рамных податливых крепей. Практика показала, что наиболее эффективными с точки зрения сохранения устойчивости выработок и их крепления являются усиленные соединения крепей II-го технического уровня ЗШ, ЗПК, ЗПКм, ЗСГ. Эти замки при правильной установке обеспечивают отпоры крепей на уровне 300-400 кН.

Замковое соединение ЗШ является наиболее жестким, т.е. быстрее всех набирает сопротивление более 400 кН при самой низкой конструктивной податливости (до 10 см). Раму с такими замками можно считать жесткой крепью с деформацией 100 мм.

Замковые соединения ЗПК, ЗПКм, ЗСГ имеют более плавные характеристики. Они работают только в податливом режиме и обеспечивают общую податливость в узлах до 300-400 мм.

В эксплуатации на шахтах в настоящее время остаются устаревшие замки крепей I-го технического уровня АПЗ.030 и АПЗ.070, которые имеют фактический отпор (сопротивление) на уровне 100 кН. Эти замки не рекомендуются для использования в выработках сечением более 11,2 м² и при тяжелых типах СВП (СВП27 и СВП33).

Важнейшим фактором обеспечения паспортных опорно-силовых характеристик крепей является культура установки замковых соединений, которая, в первую очередь, выражается в количестве их обтяжек и усилии затягивания. К сожалению, этот простой вопрос в настоящее время недостаточно отражен в нормативной литературе по креплению.

Минимальное усилие затягивания гаек крепей II-го технического уровня должно составлять 35 Нм. Для его реализации необходимо выполнение следующих условий:

- применение пневмо-гайковертов тяжелого типа, которые обеспечивают усилие более 50 Нм до 250 Нм;

- усилие закручивания гайки 35 кгс при ручном ключе длиной 1,0 м;

- усилие закручивания гайки 50 кгс при ручном ключе длиной 0,7 м;

- усилие закручивания гайки 75 кгс при ручном ключе длиной 0,5 м.

Обтяжка замковых соединений в выработке должна производиться не менее 2-х раз: при установке рамы и на расстоянии от забоя 10 – 20 м после полного или частичного обжатия крепи. Если в выработке производятся тампонажные работы, то обтяжка производится: 1-й раз – при установке крепи в подготовительном забое и 2-ой раз – перед выполнением тампонажных работ в уже закрепленной выработке. Выполнение данных требований обеспечивает качественный контакт между ребрами жесткости верхняка и ножек крепи в замках.

Если узлы податливости обтягиваются недостаточно, отпор и работоспособность крепи уменьшается в 2 и более раза. Результатом этого является потеря устойчивости проводимой выработки. Это необходимо учитывать в процессе проектирования паспортов крепления.

4. Применение рамных овоидных крепей.

Форма сечения рамной крепи также является важным фактором обеспечения устойчивости выработки. Опыт ведения горных работ на «сверхглубоких» шахтах Донбасса им. А.Ф. Засядько, ШУ «Покровское» показал высокую эффективность применения так называемых овоидных крепей II-го технического уровня, которые производятся на

предприятия НПЦ «Геомеханика». Эти крепи в настоящее время на шахтах проходят испытания на шахтах ДТЭК Энерго.

Общеизвестно, что наиболее устойчивой формой механических конструкций является эллипс. Однако в природе он встречается довольно редко. Чаще всего можно видеть близкую к нему форму овоида или яйца. На рис. 5 представлены две основные модификации серийно выпускаемых овоидных крепей.

Для магистральных выработок оптимальным является 3-х звенный вариант – крепь КМП А3 Р2 с конструктивной податливостью 0,7 м, а для участковых, в том числе и повторно используемых выработок, – 4-х звенную конструкцию КМП А4 Р2 с податливостью 1,0 м. Обе эти конструкции обладают высокими значениями рабочего отпора (от 400 до 600 кН) и несущей способности (от 630 до 980 кН). Это примерно в 1,5-2,0 раза выше, чем у крепи КШПУ.

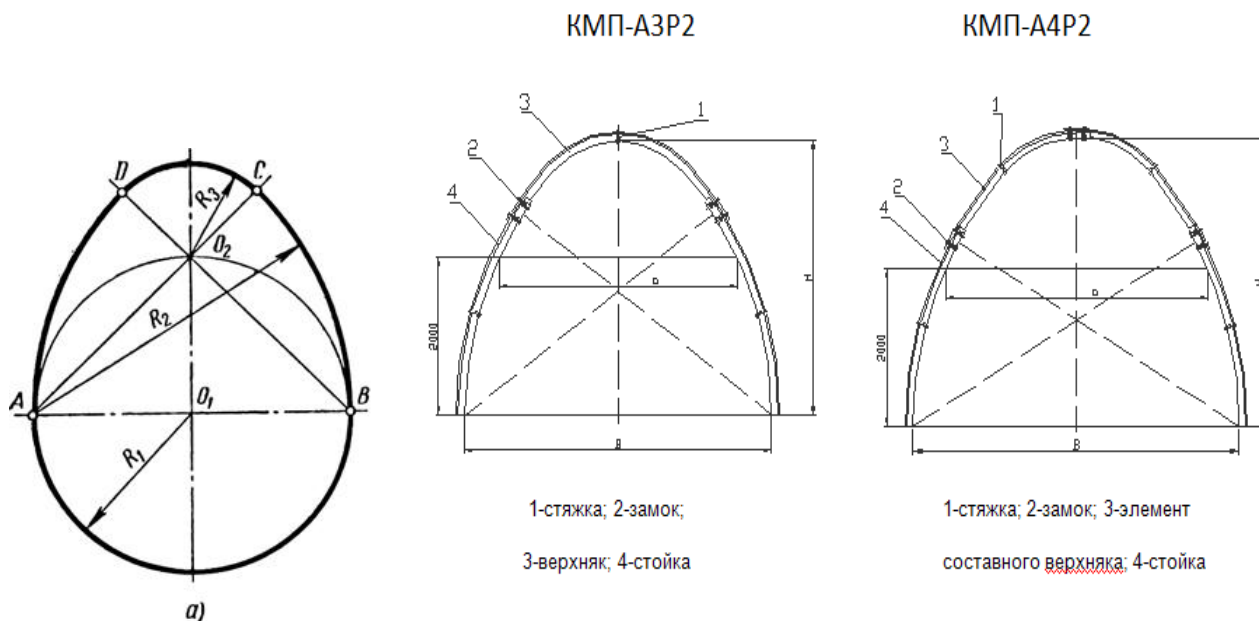


Рис. 5. Форма овоида (а) и конструкции 2-х радиусных овоидных крепей

Первые результаты опытно-промышленной проверки рамно-анкерного крепления с овоидной крепью КМП-А3Р2 в магистральном уклоне пласта m_5^1 шахты «Добропольская» показали, что без снижения устойчивости выработки можно увеличить расстояние между рамами крепи с 0,5 м до 0,8 м, т.е. снизить металлоемкость в 1,5 раза [2].

В целом, применение овоидных крепей II-го технического уровня в сочетании с усиленными замковыми соединениями является достаточно существенным резервом повышения устойчивости магистральных и участковых выработок, а также важным направлением снижения затрат на их проведение и поддержание.

5. Применение облегченных спецпрофилей, изготовленных из низколегированных сталей.

В 2015 г. ДТЭК Энерго получил предложение от компании «Метинвест Холдинг» на поставки нового спецпрофиля для рамных крепей из низколегированной стали 20Г2АФ. Отмечаются более высокие технологические свойства проката, которые позволят снизить металлоемкость крепления на 20%, а трудоемкость установки крепи – на 15%. Специалисты департаментов по техническому развитию проанализировали вопросы технической целесообразности перехода на новый тип профиля.

Испытания опорно-силовых характеристик крепления из проката 20Г2АФ осуществлялась специалистами института ДонУГИ [3]. Их основные результаты сведены в таблицу 2.

Анализ данных таблицы показывает, что основные параметры прочностных свойств

спецпрофиля из низколегированной стали существенно выше, чем у обычного. Особенно важным является предел текучести металла, который определяет несущую способность крепи σ_T . Его величина составляет 493 МПа, что на 76% превышает показатель аналога. При этом лучшие в мире закаленные спецпрофили немецкой фирмы **Heintzman GmbH & Co KG** имеют этот показатель на уровне 520 МПа.

Таблица 2. Результаты испытаний параметров прочностных свойств низколегированной стали 20Г2АФ

Марка стали	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление растяжению σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_y , %
20Г2АФ	493	651	24,7
5ПС	280	570	19

В результате испытаний было также установлено, что низколегированная сталь 20Г2АФ обладает более высокими пластическими свойствами. Так, величина ее относительного удлинения δ_y составляет 24,7%, что на 30% больше, чем у стали 5ПС. Это позволяет утверждать, что предлагаемый спецпрофиль лучше приспособлен к многократному использованию, так как его проще восстанавливать и выправлять в производственных условиях.

В таблице 3 приведены данные по химическому составу низколегированной стали 20Г2АФ в сравнении со сталью 5ПС.

Таблица 3. Химический состав сталей

Марка стали	Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Ванадий	Азот	мышьяк	Хром	никель	Медь	Молибден	Титан	Алюминий	Никобий
20Г2АФ	0,18	0,11	0,11	0,016	0,011	0,12	0,015	0,005	0,02	0,02	0,02	0,01	0,005	0,005	0,005
5ПС	0,28 0,37	0,53 0,81	0,05 0,17	0,05	0,04	-	0,008	-	0,3	-	-	-	-	-	-

Из данных таблицы 2 видно, что в составе стали 20Г2АФ имеется ряд добавок (медь, молибден, титан), которые должны существенно снизить коррозию крепи в процессе эксплуатации.

Специалистами ДонУГИ были также проведены данные испытания овоидной крепи КМП АЗ Р2 сечения 13,3 м², изготовленной из профиля СВП 22 стали 20Г2АФ [3]. Было установлено, что сопротивление (отпор) арки при ее работе в податливом режиме (вертикальная конвергенция до 350 мм) составляло 237-244 кН, а предельная несущая способность достигала 678-683 кН. Это позволяет утверждать, что в случае крепления выработок низколегированным профилем можно без ущерба для их устойчивости заменять обычный профиль на профиль из низколегированной стали с уменьшением погонного веса на 20%, т.е. СВП 33 – на СВП 27, а СВП 27 – на СВП 22 и т.д.

Прогнозные расчеты показывают, что годовая экономия от применения спецпрофиля из низколегированной стали 20Г2АФ по статьям «оплата ж/д тарифа», «стоимость изготовления крепи» и «трудоемкость возведения крепи» на шахтах ДТЭК Энерго превышает 10 миллионов гривень. В настоящее время планируется широкомасштабная опытно-промышленная проверка нового спецпрофиля в подземных условиях.

6. Полный переход на повторное использование участковых выработок.

В настоящее время никто из специалистов не подвергает сомнению утверждение, что обеспечение устойчивости участковых выработок и особенно их переход на повторное использование возможны только на основе применения рамно-анкерной технологии крепления [4]. Однако, процесс перехода на эту технологию довольно сложен, как в проектировании, так и в реализации, и требует существенного повышения культуры производства горных работ.

Комбинированные рамно-анкерные крепи являются наиболее универсальным видом крепления. Они применяются в широком диапазоне горно-геологических условий и практически не имеют ограничений по типам и назначению выработок, сроку службы, форме сечения и видам расположения в горном массиве. Учитывая это, компания ДТЭК в 2013 – 2014 г.г. осуществила мощный технологический рывок по внедрению 2-х уровневой рамно-анкерной крепи на своих угледобывающих предприятиях.

На рис. 6 приведены гистограммы изменения доли рамно-анкерного крепления в общем объеме выработок, проведенных в течение 2014 года. Ее анализ показывает, что по ряду объединений, которые до начала реализации проекта вообще не применяли анкерную крепь, объемы внедрения достигли 38 – 67% (ООО «ДТЭК Свердловантрацит» и ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»). На шахтах «Павлоградугля» доля рамно-анкерных выработок увеличилась на 14% и достигла 72%, а в ШУ «Обуховское» полностью перешло на анкерное крепление.

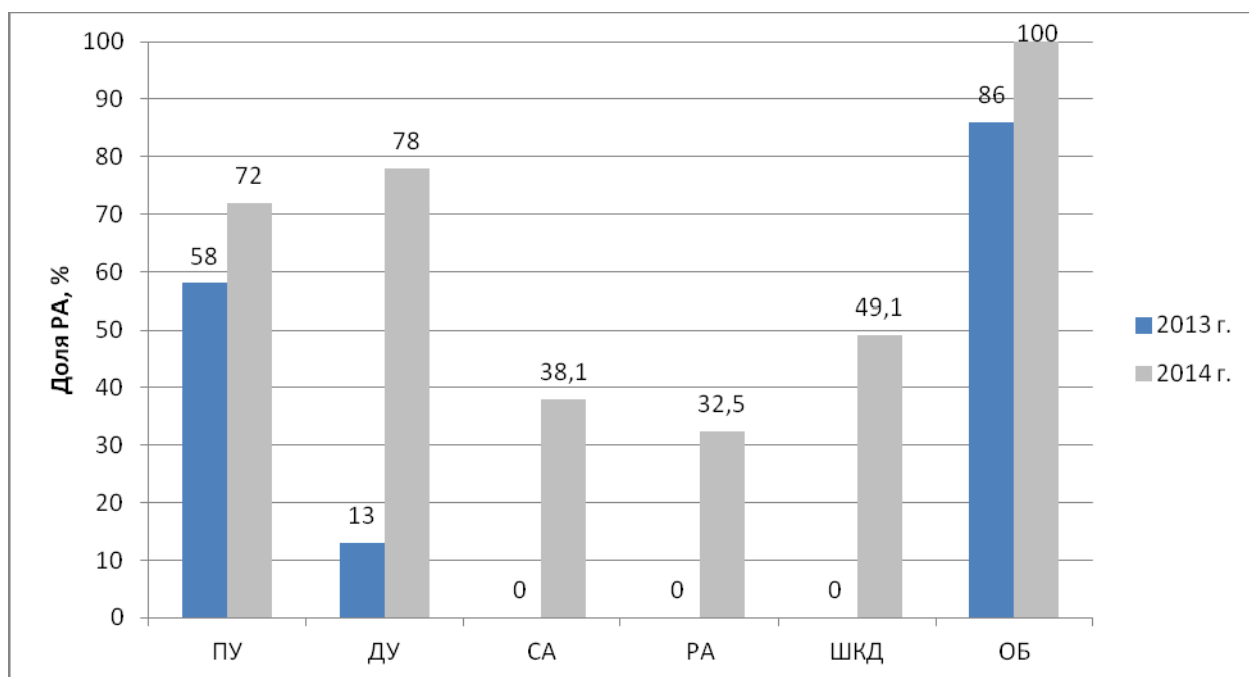


Рис. 6. Динамика изменения доли рамно-анкерного крепления в общем объеме проведения подготовительных выработок на шахтах ДТЭК в 2013-2014 г. г.

Наиболее эффективным элементом поддержания сопряжений лав с повторно используемыми конвейерными штреками применяются канатные анкеры «второго уровня» длиной от 6 до 8 м. Они устанавливаются практически вертикально в кровлю со стороны действующей лавы под прямолинейный участок спецпрофиля (рис. 7, а). Это позволяет убрать из выработки гидравлическую крепь сопряжения и безопасно производить снятие-установку ножки арочной крепи.

В качестве охранных сооружений при поддержании выработок позади первой лавы, особенно в сложных горно-геологических условиях, наиболее эффективным и технологичным средством оказался накатный ряд из деревянного бруса шириной 1,0 – 1,3 м

(рис. 7, б). Такое охранное сооружение выдерживает без разрушения любые нагрузки и деформации и хорошо обрезает породы непосредственной кровли. При этом его стоимость существенно ниже, чем у главных конкурентов – литой полосы из материалов «TeckHard» производства фирмы МИНОВА и из «БИ-крепь» от «Донецкстали».



а)



б)

*Рис. 7. Средства обеспечения повторного использования участков выработок:
а – канатные анкеры глубокого заложения; б – накатный ряд из деревянного бруса.*

В плане перехода на повторное использование выработок особенно впечатляют достижения шахт Добропольского района, где из-за крайне тяжелых горно-геологических условий оно изначально было достаточно проблематичным. В настоящее время в объединении по этой схеме эффективно работают уже 2 высоконагруженные лавы из 7 действующих. При этом вынимаемая мощность пласта в забоях превышает 1,5 м. В ближайшей перспективе доля лав с повторным использованием штреков на шахтах объединения возрастет.

Благодаря комплексу технологических мероприятий, основанных на рамно-анкерном креплении выемочных выработок, в настоящее время доля лав с повторным использованием на шахтах ДТЭК превысила 70%, годовая экономия от снижения объемов проведения составила более 300 млн. грн., а потребность в инвестициях на проходческое оборудование уменьшилась примерно на 250 млн. грн.

7. Применение методов пластовой сейсмики для прогнозирования мелкоамплитудных геологических нарушений.

В 2012 году на шахте «Днепровская» в лаве 1086 пласта С₁₀ впервые в Украине был проведен эксперимент по геометризации мелкоамплитудной тектонической нарушенности массива методом пластовой сейсмики. Для шахтных измерений использовалась 24-х канальная сейсмостанция **SUMMIT ex**. Расшифровку сейсмограмм осуществляли специалисты немецкой компании DMT совместно с учеными института УкрНИМИ.

Геометризация горного массива, выполненная по результатам прогноза, показала большую амплитуду разрывных нарушений (более 2,0 м). Было принято решение об остановке действующей лавы и ее перемонтаже. Дальнейшее ведение очистных работ показало, что достоверность прогноза составила не менее 70%.

Апробация технологии пластовой сейсмики DMT на шахте «Днепровская» была признана успешной и эффективной. Она имеет перспективы дальнейшего применения на предприятиях ДТЭК Энерго.

8. Экспресс-оценка геомеханического состояния выработок и их крепления с использованием подземных сканеров.

В ближайшие годы ДТЭК планирует провести комплексный анализ состояния вертикальных стволов на всех своих угледобывающих предприятиях. Для этого будет использована уникальная технология лазерного сканирования, которая разработана немецкой консалтинговой компанией DMT с использованием сканера от известного производителя LEICA.

Сущность технологии состоит в том, что в ствол с помощью обычной клетки с определенной скоростью опускается специальный мощный (разрешающая способность до 1 млн. точек в сек.) подземный сканер во взрывобезопасном исполнении РВ. Данные сканирования обрабатываются и переводятся в формат AutoCAD. После этого графический редактор определяет трехмерные координаты поверхности ствола и строит его компьютерную модель, позволяющую оценить состояние крепи выработки, ее армировки, направляющих, коммуникаций и других конструкций.

9. Развитие нормативной базы по основным проблемам практической геомеханики.

Одной из важнейших функций Группы горного давления при департаменте по техническому развитию ДТЭК Энерго является анализ и совершенствование действующей нормативной базы в области геомеханики. **Основная цель этой работы – совершенствование стандартов Украины с учетом технологических достижений и основных направлений технической политики компании по вопросам крепления и охраны горных выработок.**

В 2015 году под эгидой Центра анкерного крепления Института геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова с участием ДТЭК были введены в действие 2 новых отраслевых стандарта:

1. **СОУ 10.1.05411357.010:2014** «Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерной крепью. Общие технические требования»;

2. **СОУ 10.1.05411357.012:2014** «Инструкция по проектированию комбинированного рамно-анкерного крепления горных выработок».

Введение этих инструкций позволило нормативно закрепить инновационные достижения ДТЭК и перенести процесс технологического проектирования паспортов рамно-анкерного крепления на предприятия.

В настоящее время специалисты ДТЭК совместно с научными организациями горного профиля работают над стандартами по тампонажу закрепного пространства, по повторному использованию участков выработок и технологии крепления монтажных выработок высоконагруженных лав.

ВЫВОДЫ

1. Со времени образования компании ДТЭК в 2005 году, предприятия ее угольного сектора сумели достичь большого прогресса в решении основных актуальных проблем практической геомеханики.

2. Наиболее крупными технологическими результатами этого процесса является:

- введение в практику работы шахт технологии рамно-анкерного крепления;
- переход на повторное использование участков выработок, поддерживаемых в различных, в том числе и в самых сложных горно-геологических условиях;
- развитие новых подходов к планированию горных работ при составлении стратегических и среднесрочных программ;
- апробирование инновационных технологий тампонажа закрепного пространства при проведении магистральных выработок.

3. Накопленный опыт позволил обосновать наиболее эффективные направления развития практической геомеханики на шахтах ДТЭК:

- внедрение 2-х уровневых рамно-анкерных систем крепления выработок;
- внедрение и дальнейшее совершенствование рамных металлических крепей II-го технического уровня;

- внедрение и модернизации технологии тампонажа со смесями на основе шахтной породы;
- внедрение средств малой механизации, повышающих культуру крепления горных выработок;
- активное развитие отраслевой нормативной базы на основании результатов, полученных при проведении опытно-промышленных проверок новых технологических решений.

4. Достигнутые результаты и перспективные технологические наработки предприятий ДТЕК в области практической геомеханики могут служить ориентирами для повышения конкурентоспособности угольной отрасли Украины в целом на основе оптимизации стоимости крепления горных выработок и снижения затрат на их ремонты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горная энциклопедия/Гл. ред. Е.А. Козловский. — М.: Советская энциклопедия, 1989. — Т. 1. — 628 с.
2. Колесниченко Е.А. Оптимизация паспортов комбинированной рамно-анкерной крепи капитальных выработок/Е.А. Колесниченко, В.И. Пилюгин, А.Е. Григорьев//Уголь Украины. — 2015. — №3 (4). — С. 72-74.
3. Сторчак И.И. Перспективы использования низколегированной стали в крепях горных выработок/И.И. Сторчак, А.А. Сытник, Б.Т. Тупиков, А.А. Федористова//Уголь Украины. — 2014. — №5. — С. 29-33.
4. Smirnov A. Main directions in roof bolting technology development at DTEK mines/A. Smirnov, V. Pilyugin//Progressive technology of coal, coalbed methane and ores mining. — The Netherland: CRC Press/Balkema, 2014. — P. 1-4.

КОМПАНІЯ ДТЕК І НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ – ПРИКЛАД ЕФЕКТИВНОГО ПАРТНЕРСТВА

Г.Г. Півняк, О.С. Бешта, Р.О. Дичковський, Національний гірничий університет, Україна

Наведено результати наукового та освітнього партнерства між лідером паливно-енергетичного сектора України компанією ДТЕК та лідером із підготовки кадрів для гірничої промисловості Національним гірничим університетом. Показано здобутки наукових шкіл університету при виконанні проектів на замовлення шахтних об'єктів компанії. Розглянуто результати спільної співпраці із інституціями НАН України та представниками закордонних вищих навчальних, науково-дослідних та бізнесових структур. Проведено орієнтацію спільної діяльності на найближчий час та викладено прогностні плани роботи на найближче майбутнє.

Сьогодні актуальна зміна орієнтації енергосистеми України на власні джерела. У цьому контексті викопне вугілля й уран стали основними сировинними компонентами при виробленні електроенергії. Національний гірничий університет (НГУ) зосереджує свою діяльність на вирішення проблем національного паливно-енергетичного комплексу, орієнтує свою роботу на потреби ринку, що також передбачає участь у вирішенні проблем міста і регіону. Організація наукової роботи здійснюється у таких напрямках:

- розвиток інноваційної інфраструктури, підготовка науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації;