

АДАПТИВНАЯ РАСПОРНО-ПОДАТЛИВАЯ КРЕПЬ

Г.В. Бабиюк, А.А. Леонов. Донбасский государственный технический университет, Украина

Предложена конструкция адаптивной распорно-податливой крепи из специального профиля и приведены результаты лабораторных испытаний узлов податливости с вкладышами на прессе ИПС-500.

Анализ проблемы. Анализ деятельности угольных шахт показал, что к настоящему времени узким местом остается устойчивость подготовительных выработок. По статистическим данным в угольной отрасли за последние годы общая протяженность выработок снизилась примерно вдвое. За этот же период годовой объем ремонтируемых выработок вырос до 50% от их общей длины. Этот показатель на порядок превышает протяженность сооружаемых выработок. Анализ результатов исследований, полученных отечественными и иностранными учеными по данной проблеме, свидетельствует, что, несмотря на применение прогрессивных расчетных методик, требуемая надежность горных выработок не достигается. Основной причиной незначительной эффективности традиционного крепления выработок и значительных объемов ремонтных работ является несоответствие используемых способов обеспечения устойчивости выработок меняющимся и много в чем неопределенным условиям их сооружения и эксплуатации.

Основным средством обеспечения устойчивости подготовительных выработок на угольных шахтах Донбасса является арочная податливая крепь из шахтного специального профиля (КМП-А3, А4, А5). В основу выбора его параметров положен принцип определения площади поперечного сечения выработки с запасом на осадку пород за весь срок ее службы. Обычно считается, что в случае совпадения направления преобладающих смещений пород и конструктивной податливости крепи она способна с сопротивлением, который задают узлы податливости (ЗПП – $N_s=130-230$ кН; ЗСД – $N_s=160-320$ кН; ЗПК – $N_s=190-340$ кН), без существенных деформаций компенсировать от 400 мм до 1000 мм смещений пород (КМП-А3 – в кровле $U_{пк}=400$ мм, в боках $U_б=200$ мм; КМП-А4 – $U_{пк}=400$ мм, $U_б=500$ мм; КМП-А5 – $U_{пк}=1000$ мм, $U_б=400$ мм). Устанавливают такую крепь с большим монтажным зазором, как правило, без заполнения пустот за аркой, поэтому крепь долгое время не контактирует с породным обнажением и не предотвращает разрыхления пород в зоне неупругих деформаций. После вступления рамы в контакт с разрушенными породами, крепь с избыточной податливостью и малым сопротивлением, уходя от нагрузки, почти не противодействует развитию геомеханических процессов вокруг выработки. Породы в зоне неупругих деформаций разрыхляются, что приводит к резкому снижению их сопротивления, поэтому они слабо противодействуют распространению разрушения в глубину массива.

Данный принцип является характерным примером экстенсивного и ресурсозатратного подхода к решению проблемы обеспечения устойчивости выработок. При этом на обеспечение нормального состояния выработок расходуется значительное количество дефицитного металла, а собственная несущая способность пород используется очень в незначительной степени. На самом деле основным несущим элементом в обеспечении устойчивости выработки должна быть не крепь, а собственная несущая способность горных пород. Крепь следует применять, прежде всего, как средство управления геомеханическими процессами и повышения сопротивления разрушенных пород. При этом, в связи с неопределенными условиями поддержания выработки, ее параметры нужно корректировать в течение всего срока службы выработки путем их приспособления к изменчивым внутренним и внешним факторам.

В этой связи создание новой адаптивной распорно-податливой крепи горных выработок, а также обоснование нового способа и параметров обеспечения устойчивости подготовительных выработок с ее помощью представляет собой важную прикладную научную задачу.

Цель работы состояла в разработке новой конструкции адаптивной распорно-податливой крепи из специального профиля для подготовительных выработок с изменчивыми условиями

поддержания и проверке ее работоспособности путем испытания усовершенствованных узлов податливости.

Конструкция крепи и узлов податливости, технология ее монтажа и обслуживания при эксплуатации. Основной технической задачей являлось создание такой крепи, которая за счет установки дополнительных элементов (вкладышей) в узлах податливости могла бы обеспечить регулирование параметров крепи при эксплуатации выработки, а за счет применения съемных домкратов давала бы возможность обеспечить монтаж элементов арки с предварительным распором, уплотнение разрушенных пород в зоне неупругих деформаций и замену вкладышей. Это позволит за счет силового воздействия крепи на породы использовать в большей мере приконтурный породный массив для сопротивления силам горного давления, управлять состоянием выработки при ее эксплуатации, повысить надежность выработок и одновременно уменьшить затраты на их крепление, поскольку вследствие этого отпадает необходимость в установке материалоэкономичных конструкций крепи для поддержания горных выработок.

Поставленная задача достигается тем, что податливая крепь из желобчатого спецпрофиля оснащается узлами податливости с вкладышами, за счет чего крепь наделяется распорно-податливыми функциями и регулируемым режимом работы. Вкладыши располагают между днищами профилей, причем одним торцом они опираются на упор в форме планки, которую жестко закрепляют в зазоре между профилем несущего элемента и профилем кронштейна для штока гидроцилиндра, а другим торцом – на упор в виде планки, которую жестко закрепляют в зазоре между днищами профилей в пределах напуска элементов на внутренней поверхности стойки. Для обеспечения распорно-податливых функций элементы арки оборудованы выше и

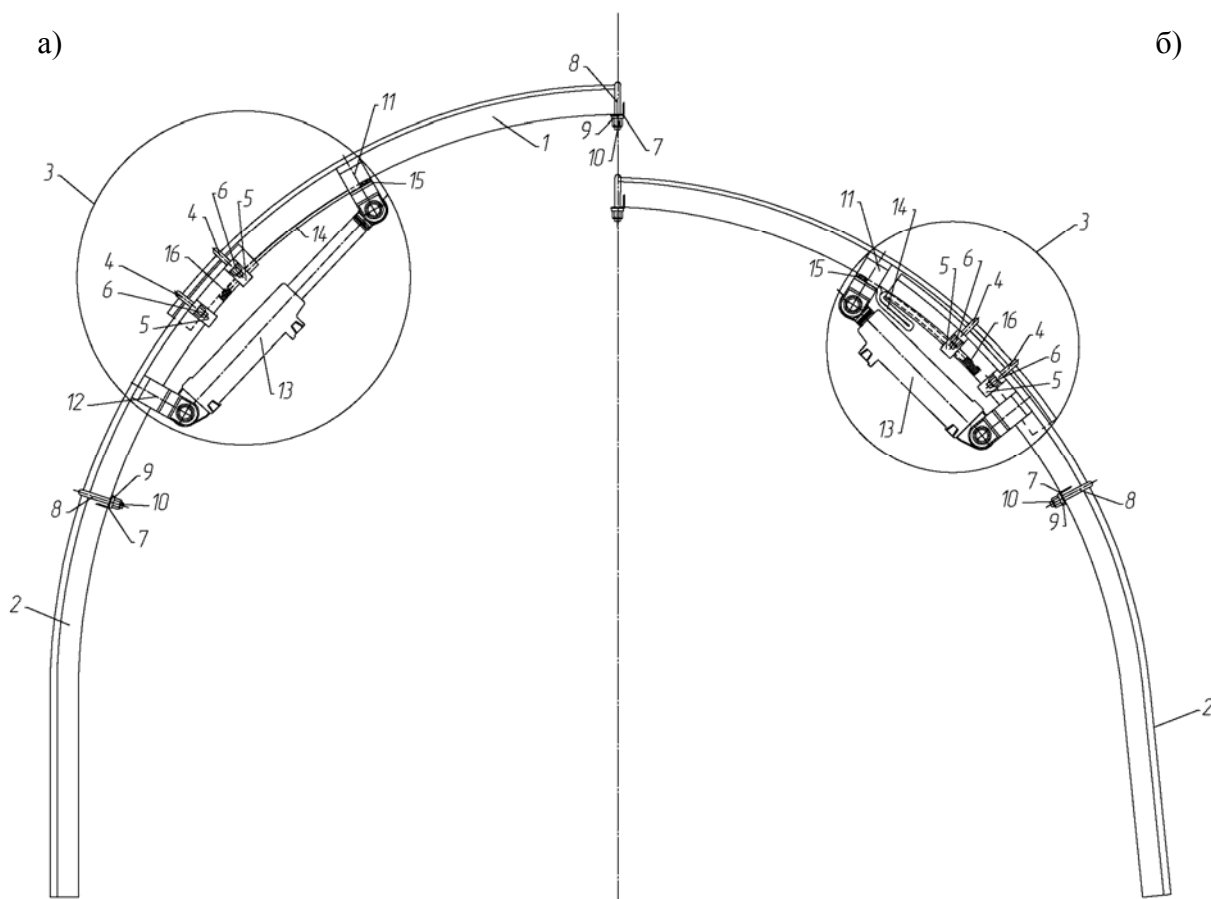


Рис. 1. Общий вид адаптивной распорно-податливой крепи с установленным домкратом после замены вкладышей и распора арки (а) и то же перед заменой деформированных вкладышей (б)

ниже узла податливости кронштейнами соответственно для шарнирного закрепления штока и корпуса силового гидроцилиндра, который снимается после распора арки и замены деформиро-

ванных вкладышей. Режим работы крепи регулируется за счет изменения формы, длины и момента сопротивления вкладышей в узлах податливости.

Общий вид адаптивной распорно-податливой крепи приведен на рис. 1, а узел ее податливости с вкладышем в виде планки – на рис. 2.

Арка крепи изготовлена из шахтного желобчатого профиля и состоит из верхняка 1 и двух боковых стоек 2, а также адаптивных узлов 3, включающих соединенные внахлест концы верхняка 1 и стойки 2, стянутые между собой скобами 4, прижимными фигурными планками 5 и

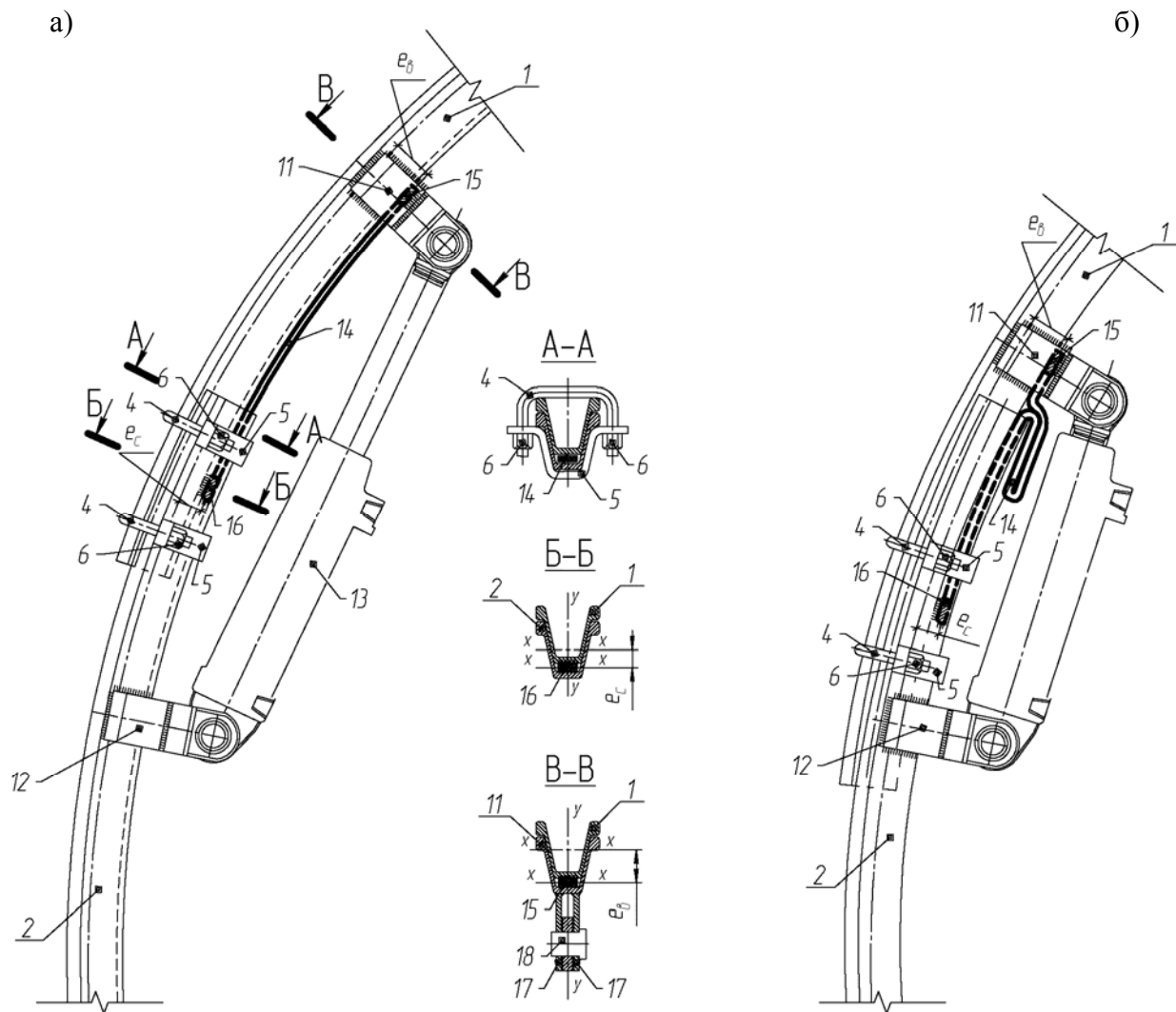


Рис. 2. Узел податливости адаптивной распорно-податливой крепи в начальном положении (а) и после осадки крепи в податливом режиме и деформирования вкладыша (б)

гайками 6 [1]. Отдельные арки между собой соединены для обеспечения продольной устойчивости межрамными стяжками 7, которые изготовлены из прокатных уголков и прикреплены к элементам арки с помощью скоб 8, планок 9 и гаек 10. Адаптивные узлы 3 для регулирования режима работы крепи оснащают кронштейнами 11 и 12 соответственно для закрепления штока и корпуса силового гидроцилиндра 13, а также оборудуют регулирующими вкладышами 14. При этом вкладыши в виде планки 14 своими верхними концами опираются на упоры 15, выполненные в форме планки, которую жестко закрепляют в зазоре между профилем верхняка 1 и кронштейном 11 для штока гидроцилиндра 13. Нижними концами вкладыши опираются на упоры 16, также выполненные в форме планки, которую жестко закрепляют в зазоре между днищами профилей в пределах напуска узлов 3 на внутренней поверхности дна стойки 2. Длина вкладышей 14 определяется исходя из требуемой податливости арки. Для повышения сопротивления крепи в податливом режиме вкладыши 14 в пролете между упорами 15 и 16 из-

готовливают в форме тавра, который дополнительно опирается на торец профиля кронштейна 11 и торец стойки 2, обеспечивая, тем самым, большее сопротивление при потере устойчивости вкладыша и последующем его деформировании в режиме смятия.

Шток и корпус силового цилиндра 13 прикрепляют шарнирно к верхняку 1 и стойке 2 с помощью быстроразъемных соединений, которые выполняют в виде проушин 17. Проушины имеют отверстие и приварены к кронштейнам 11 и 12, которые изготавливают из отрезков спецпрофиля и жестко закрепляют соответственно на верхняке 1 и стойке 2. Гидравлические цилиндры 13 приводятся в действие от мобильных маслостанций, обеспечивая толкающее или тянущее усилие величиной 100-250 кН, чего достаточно для передвижения несущих элементов арки крепи в нахлестке при замене деформированных вкладышей 14.

Монтаж крепи осуществляется следующим образом. Соединение верхняка 1 и стоек 2 в арку выполняется в обычной последовательности. Далее в зазоры между профилями узла 3 и кронштейна 11 устанавливают вкладыш 14, а силовой цилиндр 13 закрепляют в проушинах 17 с помощью пальцев. Управляя силовым цилиндром 13, арку распирают между кровлей и почвой выработки, предварительно ослабив гайки 6, заполнив пустоты за крепью и установив клинья между несущими элементами и породным обнажением выработки. После распора арки гайки 6 затягивают, а силовые цилиндры 13 демонтируют.

Под действием горного давления, которое передается через верхняк 1 в верхней точке закрепления вкладыша 14, а через стойку 2 в нижней точке закрепления вкладыша 14, в последнем растут напряжения. Когда они достигают критического значения, вкладыши 14 теряют устойчивость и начинают деформироваться, а крепь работает в податливом режиме. Благодаря эксцентриситетам e_s и e_c при активном распоре арки и работе крепи под действием внешней нагрузки в верхняке 1 и стойках 2 образуются дополнительные усилия, противоположные усилиям от горного давления. При косонаправленной загрузке арки вкладыши 14 с разных сторон выработки выполняют с отличающимися параметрами, регулируя, тем самым, их жесткость и продольную силу, что позволяет приспособливать крепь к асимметричной нагрузке.

В начальный момент деформирования узла 3 несущая способность крепи является максимальной, т. е. она равна суммарному сопротивлению узлов 3 и усилия деформирования вкладышей 14. По мере работы узлов 3 в податливом режиме сопротивление вкладышей 14 будет снижаться вследствие их деформирования, а, следовательно, несущая способность арки будет нелинейно уменьшаться до минимума, который определяется только сопротивлением узлов 3 за счет действия зажимных гаек 6 и трения профилей. После исчерпания конструктивной податливости узлов 3 крепь начнет работать в жестком режиме, а его несущие элементы будут деформироваться в месте появления наибольших напряжений.

Для предотвращения работы крепи в жестком режиме при эксплуатации выработки деформированные вкладыши 14 периодически меняют на новые, деформационные параметры которых соответствуют состоянию крепи на текущий момент. Для этого силовые гидроцилиндры 13 монтируют на кронштейнах 11 и 12, отпускают гайки 6 и перемещают несущие элементы в нахлестке узлов 3 в режиме распора арки. После этого деформированные вкладыши 14 вынимают, а на их место устанавливают новые. Наконец гайки 6 узлов 3 затягивают, а гидроцилиндры 13 снимают.

Лабораторные испытания узлов податливости с вкладышами. Исследование несущей способности адаптивных узлов податливости с вкладышами проводилось в лабораторных условиях на прессе ИПС-500. Отсчеты брались по шкале с пределом измерения от 0 до 100 т и ценой делений 0,2 т. Погрешность измерения не превышала 1% от величины нагрузки (согласно данным тарировки прессы). Измерение перемещений в узлах податливости производилось прогибомером 6ПАО с точностью до 0,01 мм.



Рис. 3. Общий вид пресса ИПС-500 (а) и установленный на нем образец из СВП-33 с вкладышем из сваренных четырех полос стали 50×4 мм длиной 50 см

Для проведения испытаний использовался специальный профиль трех типоразмеров: СВП-22, СВП-27 и СВП-33.

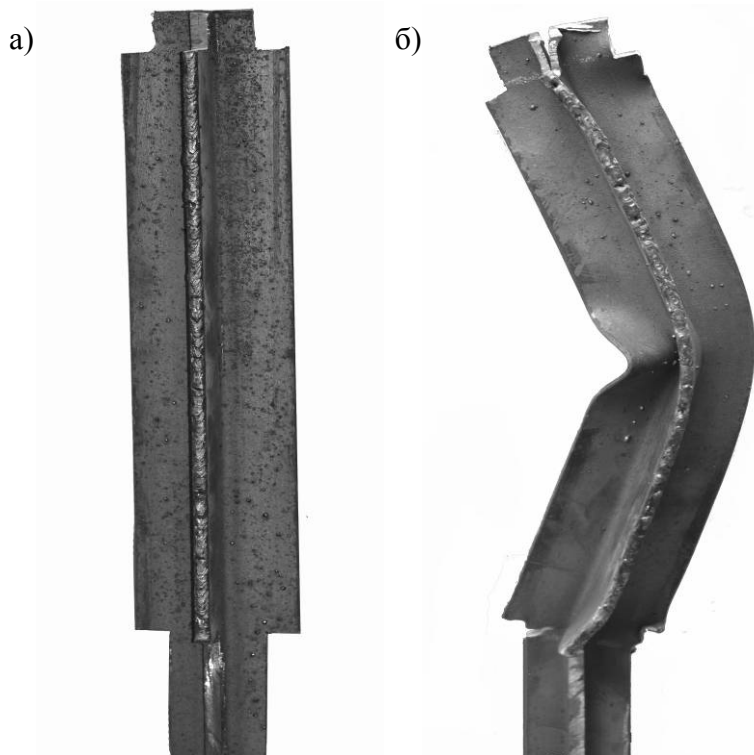


Рис. 4. Вкладыш в виде тавра 80×40 мм длиной 50 см до (а) и после (б) испытаний

Образцы узлов податливости изготавливались из прямолинейных отрезков профилей длиной 1000 мм с нахлесткой 400 мм, которые соединялись крепежными деталями различных узлов податливости: с прямой планкой (ЗПП); с общей фигурной планкой и заблокированными скобами (ЗСД) и с облегающей фигурной планкой (ЗПК). Гайки замков затягивались с одинаковым усилием 100 Н·м, которое контролировалось с помощью динамометрического ключа. Нагрузку на образцы прикладывали плавно и фиксировали по перемещениям в узлах податливости с интервалом 0,5 мм. Для безопасной вертикальной фиксации образцов между опорными плитами пресса на торцы профилей устанавливались съемные опорные башмаки.

Испытывали узлы податливости с вкладышами различной длины в ви-

де планок шириной 50 мм и толщиной 4, 8 и 16 мм, тавра, сваренного из двух уголков 40×40 мм и швеллера №8.

Общий вид прессы ИПС-500 и образца с вкладышем из полосовой стали приведены на рис. 3, а вкладыш в виде тавра до и после испытания на рис. 4.

В качестве примера диаграмма деформирования узла податливости для спецпрофиля СВП-22 с замками ЗПК представлена на рис. 5, анализ которого показывает, что сопротивление узла податливости ЗПК для линейных отрезков спецпрофиля не превышает 5 т, тогда как за счет вкладышей можно приблизить сопротивление замка к несущей способности крепи (для вкладыша в виде тавра длиной 50 см максимальное усилие составляет 24 т) и обеспечить практически любой закон его изменения во времени.

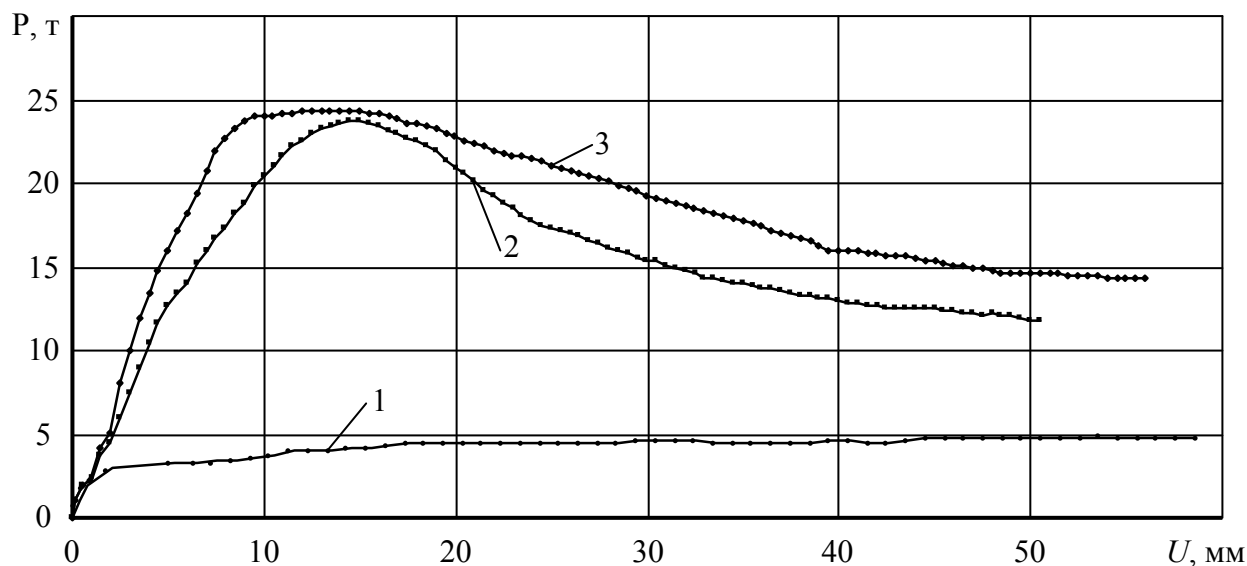


Рис. 5. Диаграмма деформирования узла податливости без вкладыша (1) и с вкладышами в виде тавра длиной 50 см (2) и 25 см (3)

Проведенные испытания подтвердили работоспособность и выявили существенные преимущества узла податливости с вкладышами по сравнению с применяемыми замками ЗПП, ЗПК и ЗСД. Усовершенствованный узел податливости за счет деформационных свойств вкладыша работает в устойчивом режиме без потери контакта соединяемых элементов крепи, при этом не ослабляется прижатие профилей стойки и верхняка друг к другу за счет изгиба планок и перекоса скоб и, как следствие, не снижается сопротивления крепи в податливом режиме, обеспечивается возможность визуального контроля за состоянием крепи по величине прогиба вкладыша и принятия необходимых мер по его замене.

Выводы. Предложенная арочная крепь способна работать как в податливом, так и распорном режимах. Крепь является адаптивной, поскольку принуждает силы горного давления противодействовать самим себе, то есть боковая составляющая действует против вертикального давления, а вертикальная составляющая — против бокового давления. Более того, такую адаптивную крепь можно приспособлять к проявлениям горного давления при эксплуатации выработки, она значительно повышает сопротивление смещению породного контура выработки, сглаживает неравномерность распределения усилий в несущих элементах, рационально перераспределяет нагрузку. Благодаря применению такой крепи становится возможным управлять горным давлением в выработке при ее эксплуатации.

Список литературы

1. Пат. 63550 Україна, МПК⁹ E 21 D 11/14. Адаптивне розпірно-піддатливе кріплення / Бабюк Г.В., Леонов А.О. (Україна); заявник і патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. — №и 20110376, заявл. 25.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. №19. — 5с.: іл.