

УДК 622.268.13: 622.268.7

Курносов С.А., д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,
Осенний В.Я., научн. сотр.,
Задерий В.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины),
Цикра А.А., канд. техн. наук,
Аверкин Д.И., магистр
(ООО «Минова Украина»).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ СООРУЖЕНИЯ
БЕТОННЫХ ОКОЛОШТРЕКОВЫХ ПОЛОС НА ИХ
ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

Курносов С.А., д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
Осінній В.Я., наук. співр.,
Задерій В.В., магістр
(ИГТМ НАН Украины),
Цікра О.А., канд. техн. наук,
Аверкін Д.І., магістр
(ТОВ «Мінова Україна»).

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБІВ СПОРУДЖЕННЯ
БЕТОННИХ НАВКОЛОШТРЕКОВЫХ ПОЛОС НА ЇХ
МІЦНІСНІ ТА ДЕФОРМАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ**

Kurnosov S.A., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
Osenniy V.Ya., Researcher,
Zaderiy V.V., Master of Science
(IGTM NAS of Ukraine),
Tsikra A.A., Ph. D. (Tech.),
Averkin D.I., Master of Science
(«Minova Ukraine» LTD).

**RESEARCH OF INTERDEPENDENCE BETWEEN METHODS OF
CONCRETE RIB-SIDE TRACK BUILDING AND THE TRACK
STRENGTH AND DEFORMATION PARAMETERS**

Аннотация. Методом моделирования в лабораторных условиях, с сохранением свойств материала, установлены механизм деформирования бетонных литой и пакетированной околоштрековых полос при различных условиях нагружения, а также зависимости их предельной и остаточной прочности от времени застывания смеси, геометрических размеров полосы и ее относительной усадки. Полученные данные позволят, после измерения нагрузки на охранную полосу в шахтных условиях, либо ее расчета аналитическим путем, определять ожидаемую величину усадки охранной полосы, оценивать высоту и степень расслоения подработанной кровли угольного пласта и, в конечном итоге, обосновывать рациональные параметры различных типов бетонных полос в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Ключевые слова: способы сооружения бетонных околоштрековых полос, механизм деформирования полос.

При креплении сопряжения лавы с выемочными штреками применяются различные типы охранных сооружений, которые по принципу взаимодействия с массивом делятся на две основные группы – податливые полосы, основой которых являются различные конструкции из лесоматериалов (бутокостры, накатные костры, кустокостры и т.д.) и жесткие полосы, сооружаемые из различных бетонных смесей. Каждый из перечисленных типов имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от горно-геологических условий применения. Основными преимуществами жестких полос являются их высокая несущая способность и малая усадка при нагружении, что позволяет им работать в качестве обрешечной крепи, а, следовательно, снижать нагрузки от подработанной кровли на крепь штрека.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили два способа возведения жестких полос: выкладка железобетонных блоков, либо выливание бетонной смеси в предварительно сконструированную опалубку (литые полосы). Разработан новый способ сооружения бетонной полосы, заключающийся в выкладке пакетов с сухой цементно-минеральной смесью (СЦМС) и их последующем затворении водой, непосредственно на сопряжении лавы со штреком (пакетированная полоса) [1]. Несмотря на незначительный период времени, прошедшего с момента разработки данного способа, благодаря простоте технологии его реализации и высокой эффективности, он уже успел получить широкое распространение на шахтах Донбасса и Западной Украины [2].

В данной работе проведено сопоставление прочностных и деформационных характеристик бетонных литой (ЛП) и пакетированной (ПП) полос. Исследования осуществлялись в лабораторных условиях методом моделирования с сохранением свойств материала. Целью исследований являлось установление механизма деформирования бетонных литой и пакетированной полос при различных условиях нагружения, а также зависимостей их предельной и остаточной прочности от времени застывания смеси, геометрических размеров полосы и ее относительной усадки.

Масштаб моделирования составлял 1:10. Модели ЛП представляли собой прямоугольные параллелепипеды, которые, по аналогии с технологией сооружения в шахтных условиях, изготавливались путем заливания заранее замешанного раствора в опалубку. При сооружении моделей ПП, после укладки каждого ряда пакетов с СЦМС, в них шприцем через иглу нагнеталась вода до момента полного насыщения (порядка 4-х мл в каждый пакет). Высота моделей составляла 0,10 м, 0,12 м, 0,14 м, 0,16 м, 0,18 м и 0,20 м, что соответствует вынимаемой мощности пластов от 1,0 м до 2,0 м.

Одним из наиболее важных параметров бетонных полос является скорость набора ними прочности, от которой зависит сохранение их целостности и величина проседания под воздействием пород прогибающейся кровли на начальном этапе удаления лавы. Поэтому график экспериментов спланирован следующим образом: в первую неделю – на 1-е, 2-е, 3-и, 4-е и 7-е сутки после затворения смеси водой, а в последующем частота экспериментов снижалась – на 10-е, 14-е, 18-е, 21-е и 28-е сутки.

При расчете параметров ЛП, предел прочности бетона на одноосное сжатие принято определять путем нагружения кубиков с отшлифованными поверхностями [3]. Однако характер деформирования бетона, в этом случае, существенно отличается от характера разрушения литой полосы в шахтных условиях. Исследования осуществлялись с использованием СЦМС ТЕКХАРД [2]. Нами установлено, что на различных этапах затвердевания смеси, предел прочности на одноосное сжатие моделей ЛП (с необработанными поверхностями) на 10-20 % меньше, чем при испытании образцов с отшлифованными поверхностями.

Кроме того, в реальных условиях неровности образуются не только на поверхностях бетонной полосы, но и на поверхностях пород подработанной кровли и надработанной почвы угольного пласта. Они более существенные и обусловлены воздействием рабочего органа очистного комбайна. Для оценки степени влияния этого фактора, нагружение моделей на различных этапах их затвердевания, осуществлялось также и через пластины, имитирующие породы кровли и почвы. Пластины представляли собой сетку-рабицу из стальной проволоки \varnothing 2 мм с размером ячеек 15x15 мм, обклеенную с обеих сторон стеклотканью, пропитанной смолой. При масштабе моделирования 1:10 и с учетом структуры сетки-рабицы (двойной слой проволоки сменяется одинарным), это соответствует перепаду неровностей поверхности обнаженных пород в диапазоне 15-30 мм.

В результате моделирования были получены зависимости относительной усадки ЛП и ПП от напряжений сжатия при различном времени их застывания, без учета рельефа пород и с его учетом.

Под влиянием неровностей соприкасающихся с литой полосой пород, предел ее прочности на сжатие ($R_{сж}$) снижается на 15-30 % (дополнительно к уменьшению $R_{сж}$ на 10-20 % за счет рельефа самой ЛП). Причем, наибольшее снижение несущей способности полосы (30 %) наблюдается в начальный период застывания смеси – 1 сутки, а затем влияние рельефа пород постепенно уменьшается и на 28-е сутки разница $R_{сж}$ не превышает 15 %.

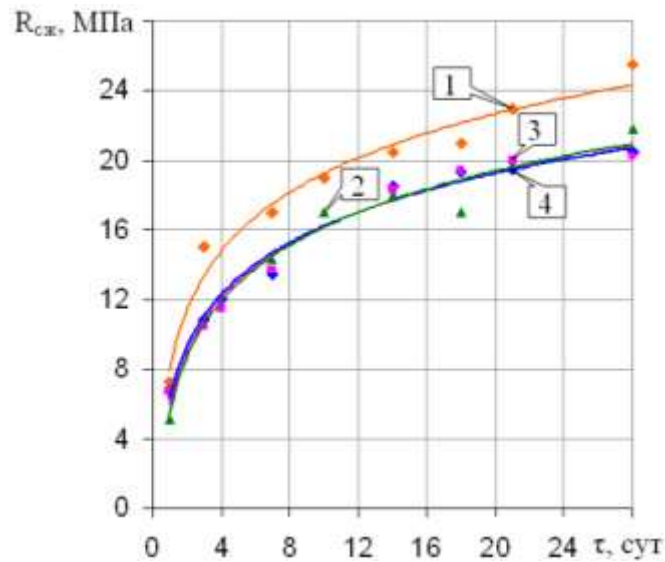
Без учета рельефа нагружающих поверхностей, $R_{сж}$ литой полосы на 15-20 % выше, чем пакетированной. Это объясняется монолитной структурой ЛП. Однако, в результате имитации неровностей поверхностей кровли и почвы, предельная несущая способность ЛП и ПП становится практически одинаковой. При этом $R_{сж}$ полос с увеличением времени застывания смеси возрастает по логарифмическим зависимостям (рис. 1):

$$\text{ЛП без учета рельефа пород} - R_{сж} = 4,93 \ln(\tau_n) + 7,91, \quad R^2 = 0,97; \quad (1)$$

$$\text{ЛП с учетом рельефа пород} - R_{сж} = 4,67 \ln(\tau_n) + 5,40, \quad R^2 = 0,97; \quad (2)$$

$$\text{ПП без учета рельефа пород} - R_{сж} = 4,34 \ln(\tau_n) + 6,27, \quad R^2 = 0,98; \quad (3)$$

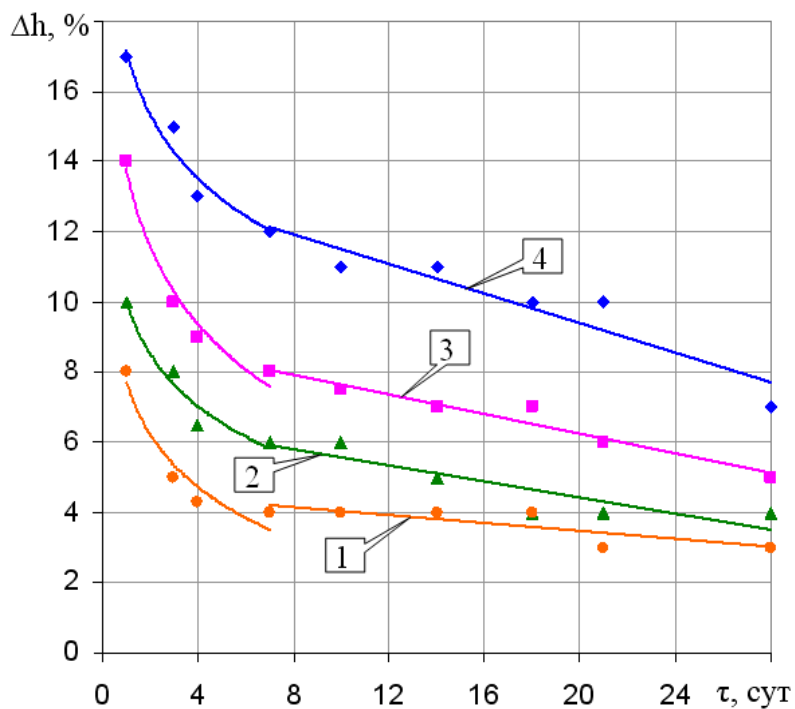
$$\text{ПП с учетом рельефа пород} - R_{сж} = 4,44 \ln(\tau_n) + 5,97, \quad R^2 = 0,98. \quad (4)$$



1 – ЛП без учета рельефа пород; 2 – ЛП с учетом рельефа пород;
 3 – ПП без учета рельефа пород; 4 – ПП с учетом рельефа пород

Рисунок 1 – Зависимость предела прочности на сжатие бетонных полос от времени застывания смеси

На рис. 2 приведены зависимости относительной усадки литой и пакетированной полос при предельных напряжениях сжатия в различные периоды времени застывания смеси.



1 – ЛП без учета рельефа пород; 2 – ЛП с учетом рельефа пород;
 3 – ПП без учета рельефа пород; 4 – ПП с учетом рельефа пород

Рисунок 2 – Зависимость относительной усадки литой и пакетированной полос, при предельных напряжениях сжатия, от времени застывания смеси

Установлено, что как ЛП, так и ПП интенсивно набирают прочность в течение первых 7-ми суток после затворения смеси водой. Увеличение времени τ застывания бетона в интервале n от 1 до 7 суток приводит к снижению относительной усадки всех исследуемых моделей, на момент начала процесса разрушения, по логарифмическим зависимостям:

$$\text{ЛП без учета рельефа пород} - \Delta h = -2,17 \ln(\tau_n) + 7,73, \quad R^2 = 0,94; \quad (5)$$

$$\text{ЛП с учетом рельефа пород} - \Delta h = -2,15 \ln(\tau_n) + 10, \quad R^2 = 0,96; \quad (6)$$

$$\text{ПП без учета рельефа пород} - \Delta h = -3,18 \ln(\tau_n) + 13,77, \quad R^2 = 0,98; \quad (7)$$

$$\text{ПП с учетом рельефа пород} - \Delta h = -2,63 \ln(\tau_n) + 17,17, \quad R^2 = 0,94. \quad (8)$$

В интервале времени застывания от 7 до 28 суток интенсивность набора прочности моделями снижается и уменьшение относительной усадки полосы приобретает линейный характер:

$$\text{ЛП без учета рельефа пород} - \Delta h = -0,06 \tau_n + 4,58, \quad R^2 = 0,72; \quad (9)$$

$$\text{ЛП с учетом рельефа пород} - \Delta h = -0,11 \tau_n + 6,71, \quad R^2 = 0,80; \quad (10)$$

$$\text{ПП без учета рельефа пород} - \Delta h = -0,14 \tau_n + 9, \quad R^2 = 0,95; \quad (11)$$

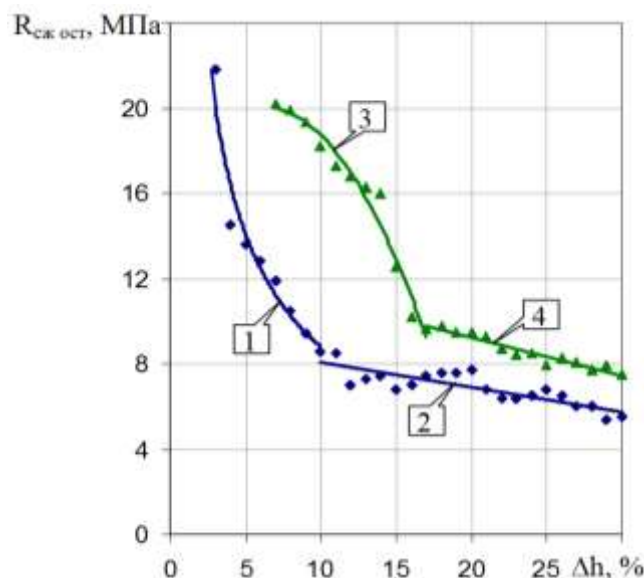
$$\text{ПП с учетом рельефа пород} - \Delta h = -0,21 \tau_n + 13,64, \quad R^2 = 0,89. \quad (12)$$

Анализ графиков показывает, что под влиянием неровностей кровли и почвы, относительная усадка (Δh) как литой, так и пакетированной полос, к моменту начала развития неупругих деформаций, увеличивается на 20-30 %. При этом усадка ПП в 1,5-2,0 раза больше, чем ЛП. Однако, следует принимать во внимание то, что наибольшим упругим деформациям, при предельных напряжениях сжатия ($R_{сж}$), ЛП и ПП подвергаются в первые 7 суток после затворения смеси водой (логарифмические зависимости 6 и 8). При высоте полос в шахтных условиях от 1,0 м до 2,0 м, абсолютная усадка ($h_{абс}$) в первые 7 суток застывания смеси составит: для ЛП – 60-120 мм, а для ПП – 120-240 мм. При условии предохранения, на данный период времени, бетонных полос от предельных напряжений, путем сооружения ограждающей крепи, их относительная усадка приобретает линейный характер (10 и 12). Тогда, при высоте полос от 1,0 м до 2,0 м, абсолютная усадка составит: для ЛП – 40-80 мм, а для ПП – 70-140 мм. Следовательно, при условии соблюдения технологии сооружения полос, абсолютные значения их усадки без потери несущей способности, незначительны и разница $h_{абс}$ между ЛП и ПП на 30-60 мм не окажет существенного влияния на состояние выработок.

На рис. 3 приведены зависимости остаточной прочности ($R_{не.итд.}$) литой и пакетированной полос от их относительной усадки на 28-е сутки застывания

смеси. При анализе графиков видно, что ЛП (рис. 3, кривая 1) после превышения предела ее прочности на сжатие резко теряет несущую способность – при относительной усадке от 3 до 10 % происходит снижение прочности в 3 раза по степенной зависимости

$$R_{сж.ост.} = 42,34\Delta h^{-0,68}, \quad R^2 = 0,95. \quad (13)$$



1, 2 – литая полоса; 3, 4 – пакетированная полоса

Рисунок 3 – Зависимость остаточной прочности бетонных полос от их относительной усадки

При дальнейшей усадке (от 10 до 30 %) прочность ЛП снижается менее интенсивно, по линейной зависимости (рис. 3, кривая 2)

$$R_{сж.ост.} = -0,12\Delta h + 9,24, \quad R^2 = 0,72. \quad (14)$$

Изменение остаточной прочности ПП имеет иной характер (рис. 3, кривые 3, 4): после превышения предела прочности на сжатие, в начальный период (при Δh от 7 до 17 %), ее несущая способность снижается в 2 раза по параболической зависимости

$$R_{сж.ост.} = -0,09\Delta h^2 + 1,16\Delta h + 16,39, \quad R^2 = 0,97, \quad (15)$$

а при дальнейшем увеличении относительной усадки (от 17 до 30 %) интенсивность снижения несущей способности существенно падает и, как и у ЛП, изменяется по линейной зависимости

$$R_{сж.ост.} = -0,18\Delta h + 12,83, \quad R^2 = 0,92. \quad (16)$$

Установлено, что, в зависимости от степени усадки полос, остаточная прочность пакетированной полосы в 1,5-2,0 раза выше, чем литой.

При нагружении моделей различной высоты установлено, что с увеличени-

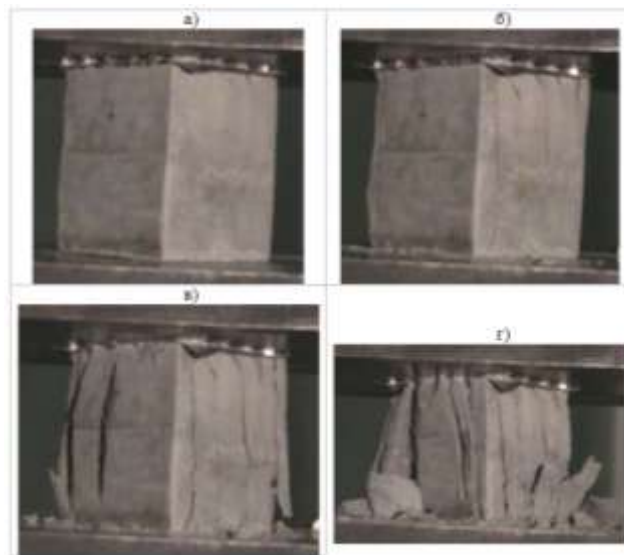
ем высоты ЛП наблюдается постепенное снижение предела ее прочности на сжатие. Увеличение высоты в 2 раза приводит к уменьшению $R_{сж}$ на 22 % по линейной зависимости

$$R_{сж} = -0,04h_{пол.} + 24,95, \quad R^2 = 0,90. \quad (17)$$

Такой характер деформирования обусловлен интенсификацией выдавливания центральных слоев при увеличении высоты полосы. В результате, абсолютная усадка полосы возрастает по линейной зависимости

$$\Delta h_{абс.} = 0,09h_{пол.} - 2,86, \quad R^2 = 0,94. \quad (18)$$

С целью получения наглядного представления о механизме деформирования ЛП, на рис. 4 приведены фотографии эксперимента, в котором верхняя поверхность модели воспринимает нагрузку через пластину, имитирующую неровности обнаженных пород, а нижняя поверхность – без имитации рельефа. Это позволило выявить факторы, ослабляющие несущую способность ЛП в реальных условиях, и оценить степень влияния данных факторов на характер и интенсивность деформирования полосы. Видно, что разрушение начинает развиваться на поверхности, воспринимающей нагрузку через пластину, имитирующую рельеф пород. Неупругое деформирование происходит по вертикальным трещинам, с устьями в точках концентрации напряжений на соприкосновении выпуклостей обнаженных пород с полосой (рис. 4, а и б). Затем происходит выдавливание материала центральной части литой полосы (рис. 4, в и г).



а – $\sigma_{\bar{n}e} = 17 \bar{H}\bar{a}$, $\Delta h = 1 \div 2\%$; б – $\sigma_{\bar{n}e} = 22 \bar{H}\bar{a}$ (максимальная), $\Delta h = 3\%$;
в – $\sigma_{\bar{n}e} = 8 \bar{H}\bar{a}$, $\Delta h = 10\%$; г – $\sigma_{\bar{n}e} = 5 \div 6 \bar{H}\bar{a}$, $\Delta h = 20 \div 30\%$

Рисунок 4 – Фото характера деформирования модели литой полосы (верхняя плита пресса с имитацией рельефа пород, а нижняя – гладкая)

При имитации неровностей в кровле и почве, трещиноватость развивается иначе – одновременно сверху и снизу, с незначительным опережением со сто-

роны нагружающей поверхности, т.е. в шахтных условиях – со стороны подработанной кровли угольного пласта. После превышения критического значения относительной усадки (Δh), ЛП резко теряет несущую способность по степенной зависимости (13), что обусловлено практически моментальным развитием трещин на всю высоту полосы (рис. 4, в). В последующем ее остаточная прочность монотонно снижается по линейной зависимости (15), деформирование в данный период характеризуется выдавливанием материала в центральной части полосы (рис. 4, г). В итоге, под влиянием рельефа пород, сопротивляемость ЛП нагрузкам снижается на 15-30 %.

Характер деформирования ПП отражен на рис. 5 и 6.

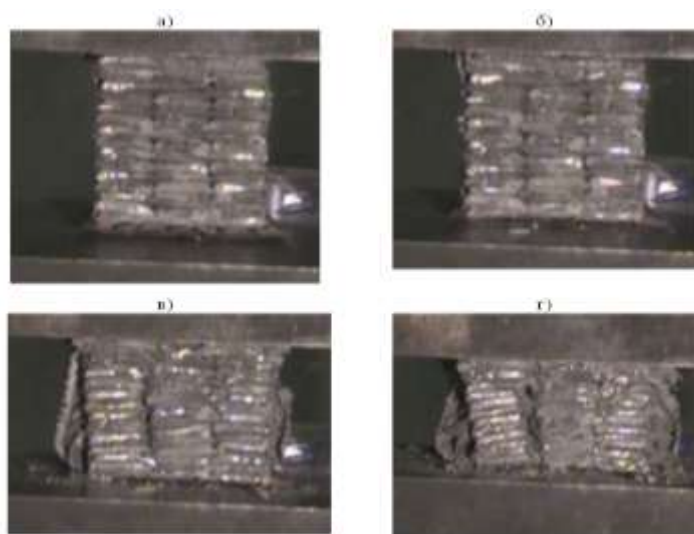


Рисунок 5 – Фото характера деформирования модели пакетированной полосы (в кровле и почве имитация рельефа подработанных и надработанных пород)



а – без имитации рельефа пород; б, в, г – с имитацией рельефа (б – крайние со стороны кровли и почвы слои ПП; в – вторые, а в кровле иногда и третьи слои; г – средние слои)

Рисунок 6 – Фото послойного деформирования пакетированной полосы

При моделировании деформирования ПП с имитацией рельефа кровли и почвы, в первую очередь разрушаются крайние (верхние и нижние) слои пакетов (рис. 5, б и 6, б). Фактор рельефа нагружающих поверхностей увеличивает относительную усадку ПП на 20-30 %, но, в отличие от ЛП, не снижает ее предел прочности на сжатие. В результате, усадка пакетированной полосы при предельных напряжениях сжатия становится в 1,5-2,0 раза больше, чем литой (см. рис. 2), а их предельная несущая способность – практически одинаковой (см. рис. 1, кривые 2 и 4).

После превышения предельных нагрузок, вслед за крайними слоями начинают разрушаться центральные слои (по аналогии с моделированием без имитации неровностей) (рис. 5, в и 6, в), а затем уже и все остальные (рис. 5, г). В данный период деформирования, снижение прочности пакетированной полосы описывается параболической зависимостью (15).

В процессе дальнейшей усадки, вследствие поочередного выдавливания центральных слоев ПП (рис. 5, г), ее несущая способность, как и у ЛП, снижается по линейной зависимости (16), но при больших в 1,5 раза значениях напряжений сжатия (см. рис. 3, кривые 2 и 4). Это является основным преимуществом пакетированной полосы перед литой, которая при превышении предельных напряжений (порядка 22 МПа) и критического значения относительной усадки (порядка 5 %), вследствие моментального развития вертикальных трещин, резко теряет несущую способность.

Такой механизм деформирования ПП объясняется тем, что в результате первоочередного разрушения крайних слоев от сконцентрированных напряжений на соприкосновении с выпуклостями кровли и почвы, раздавленный бетон подбutoвывает плоскость контакта пород с полосой и, тем самым, равномерно распределяет нагрузку на последующие слои. Поэтапный характер деформирования весьма благоприятно сказывается на прочностных характеристиках ПП и обеспечивает ей в 1,5-2,0 раза большую остаточную несущую способность, чем у ЛП при одинаковом пределе прочности на сжатие.

Таким образом, в результате исследований установлено:

1. На различных этапах застывания смеси, предел прочности на сжатие моделей литой полосы на 10-20 % меньше, чем при испытании образцов со шлифованными поверхностями, а под влиянием рельефа соприкасающихся с полосой подработанных и надработанных пород, ее предельная несущая способность снижается еще на 15-30 %.

2. Без учета рельефа пород, предел прочности литой полосы на 15-20 % выше, чем пакетированной. Однако, неровности нагружающих поверхностей не снижают предел прочности пакетированной полосы, в отличие от литой. В результате, с учетом ослабляющих факторов, предельная несущая способность литой и пакетированной полос практически одинакова.

3. В режиме упругого деформирования, относительная усадка как литой, так и пакетированной полос, с увеличением времени застывания смеси в интервале 1-7 сут., интенсивно снижается по логарифмическим зависимостям, а в интервале 7-28 суток – более плавно, по линейным зависимостям.

4. Прочность бетонных литой и пакетированной полос с увеличением времени застывания смеси возрастает по логарифмическим зависимостям. На стадии запредельного деформирования литая полоса при относительной усадке от 3 до 10 % резко, по степенной зависимости, в 3 раза теряет несущую способность, при дальнейшей усадке ее прочность снижается менее интенсивно, по линейной зависимости; пакетированная полоса, благодаря послойному деформированию, при усадке от 7 до 17 % более монотонно в 2 раза теряет несущую способность по параболической зависимости, а затем, как и литая, – по линейной.

5. С увеличением высоты пакетированной полосы интенсифицируется выдавливание ее центральных слоев, что приводит к постепенному снижению предела прочности и увеличению абсолютной усадки полосы по линейным зависимостям. В результате, увеличение высоты полосы в 2 раза приводит к уменьшению ее прочности на 22 %.

6. Впервые раскрыты механизмы деформирования литой и пакетированной бетонных полос в процессе их нагружения:

– При превышении предельных напряжений сжатия (порядка 22 МПа) и критического значения относительной усадки (порядка 5 %), неупругое деформирование литой полосы под влиянием неровностей пород подработанной кровли и надработанной почвы угольного пласта, на начальной стадии развивается интенсивно по вертикальным трещинам с устьями в точках концентрации напряжений на соприкосновении выпуклостей обнаженных пород с полосой, с незначительным опережением со стороны нагружающей поверхности, т.е. кровли пласта. На следующей стадии деформирования происходит более монотонное выдавливание материала центральной части полосы. В результате, фактор рельефа нагружающих пород снижает несущую способность литой полосы на 15-30 %, в зависимости от времени застывания смеси.

– Вследствие первоочередного разрушения крайних верхнего и нижнего слоев от сконцентрированных напряжений на соприкосновении с выпуклостями кровли и почвы угольного пласта, пакетированная полоса дает относительную усадку порядка 15 %, раздавленный бетон подбутовывает плоскость контакта пород с полосой и, тем самым, равномерно распределяет нагрузку на последующие слои, что обеспечивает пакетированной полосе в 1,5-2,0 раза большую остаточную прочность, чем у литой полосы при одинаковой предельной прочности.

Полученные данные позволяют, после измерения нагрузки на охранную полосу в шахтных условиях, либо ее расчета аналитическим путем, определять ожидаемую величину усадки полосы, оценивать высоту и степень расслоения подработанной кровли угольного пласта и, в конечном итоге, обосновывать рациональные параметры различных типов бетонных полос и ограждающей крепи из лесоматериалов в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 92305 UA, МПК E21D 11/00 (2014.01). Спосіб охорони підготовчої виробки / А.Ф. Булат, А.В. Смирнов, С.А. Курносов, В.С. Возиянов, О.А. Цикра, В.В. Задерій, Д.І. Аверкін; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – и 2014 02466; заявл. 12.03.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.
2. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей смеси «ТЕКНАРД» / С.А. Курносов, В.В. Задерий, А.А. Цикра [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 112. – С. 267-280.
3. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 33 с.
4. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, М.А. Ильяшов [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2009. – 37 с.
5. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ БВ.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 36 с.

REFERENCES

1. Bulat, A.F., Smirnov, A.V., Kurnosov, S.A., Voziyanov, V.S., Tsikra, O.A., Zaderiy, V.V. and Averkin, D.I., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2014), *Sposib ohorony pidgotovchoi vyrobky* [Method of preparatory working guard], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 92305.
2. Kurnosov, S.A., Zaderiy V.V., Tsikra A.A. [and others] (2013), “Experience in the application security team-insulating strip of fast-curing mixture «TEKHARD»”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 112, pp. 267-280.
3. Bulat A.F., Ilyashov M.A., Usachenko B.M. [and others] (2004), *Vremenny tekhnologicheskii reglament po okhrane podgotovitelnykh vyrobotok ugolnykh shakht litymi polosami iz tverdeyushchikh materialov* [Temporary technological regulations for the protection of development workings of coal mines cast strips of hardened materials], RIA «Dnepr-VAL», Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Bulat A.F., Usachenko B.M., Ilyashov M.A. [and others] (2009), *Tekhnologicheskii reglament podderzhaniya povtorno ispolzuyemykh vyemochnykh shtrekov kombinirovannymi okhrannymi sistemami* [Technological regulations maintain reusable drifts excavation combined anchoring systems], RIA «Dnepr-VAL», Dnepropetrovsk, Ukraine.
5. Ukraine Ministry of Region Development (2010), BV.2.7-214:2009. *Budivelni materially. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnyimi zrazkami*: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart [BV.2.7-214:2009. Building materials. Concrete. Methods for determining the strength of control samples], Ukraine Ministry of Region Development, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Курносов Сергей Анатольевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, sakurnosov@gmail.com

Осенний Валентин Яковлевич, научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина.

Задерий Владимир Васильевич, инженер II категории в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, vovabbb@yandex.ua.

Цикра Александр Анатольевич, кандидат технических наук, технический директор ООО «Минова Украина», Донецк, Украина.

Аверкин Дмитрий Иванович, инженер, заместитель директора ООО «Минова Украина», Донецк, Украина.

About the authors

Kurnosov Sergey Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, sakurnosov@gmail.com.

Osenniy Valentin Yakovlevich, Master of Science, Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Zaderiy Vladimir Vasilyevich, Master of Science, Engineer in the Department of Mineral Mining at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, vovabbb@yandex.ua.

Tsikra Alexander Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Technical Director of «Minova Ukraine» LTD, Donetsk, Ukraine.

Averkin Dmitry Ivanovich, Master of Science, Deputy Director of «Minova Ukraine» LTD, Donetsk, Ukraine.

Анотація. Методом моделювання в лабораторних умовах, із збереженням властивостей матеріалу, встановлені механізм деформування бетонних литої і пакетованої навколоштрекових полос при різних умовах навантаження, а також залежності їх граничної і залишкової міцності від часу застигання суміші, геометричних розмірів полоси і її відносної усадки. Отримані дані дозволяють після вимірювання навантаження на охоронну полосу в шахтних умовах, або його розрахунку аналітичним шляхом, визначати очікувану величину усадки охоронної полоси, оцінювати висоту і ступінь розшарування підробленої покрівлі вугільного пласта і, в кінцевому підсумку, обґрунтовувати раціональні параметри різних типів бетонних полос в різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах.

Ключові слова: способи спорудження бетонних навколоштрекових полос, механізм деформування полос.

Abstract. Modeling in laboratory conditions with preserving the material properties has defined (i) a mechanism of concrete solid and packed rib-side track deformation at different loads, and (ii) dependences of the track ultimate and retained strength on duration of the mixture hardening, geometric dimensions of the track and its relative shrinkage. The findings, after having measured loads on the cover track in the mines or having calculated them by analytical way, can specify value of the cover track shrinkage, evaluate height and rate of segregation of undermined roof in the coal seam and, finally, determine rational parameters of different types of concrete tracks under various mining, geological and technical conditions.

Keywords: methods of concrete rib-side track building, mechanism of the track deformation.

Статья поступила в редакцию 6.04.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук А.А. Яланским