

УДК 622.268.13: 622.268.7

Аверкин Д.И., магистр
(ООО «Минова Украина»).

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ОКОЛОШТРЕКОВЫХ БЕТОННЫХ ПОЛОС НА ИХ ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Аверкін Д.І., магістр
(ТОВ «Мінова Україна»).

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ НАВКОЛОШТРЕКОВИХ БЕТОННИХ ПОЛОС НА ЇХ МІЦНІСТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Averkin D.I., M.S. (Tech.)
(«Minova Ukraine» LTD).

IMPACT OF TECHNOLOGIES FOR THE RIB-SIDE TRACK ERECTION ON THE TRACK RIGIDITY

Аннотация. Целью исследований являлось установление влияния температуры шахтной среды и технологии сооружения бетонных околоштрековых полос на их прочностные характеристики. Исследования проводились методом имитационного моделирования в лабораторных условиях. Установлены зависимости интенсивности набора прочности бетоном под влиянием температурного фактора, а также факторов, обусловленных технологиями сооружения околоштрековых бетонных литой и пакетированной полос. Доказано, что в начальный период времени (1-4 суток после затворения смеси водой), предел прочности бетона в литой полосе на 20-30 % выше, чем в пакетированной. В последующий период прочность бетона в пакетированной полосе превышает его прочность в литой на 20-30 %. Учет установленных зависимостей позволит повысить точность расчетов ограждающей деревянной органной крепи, предохраняющей бетон от разрушения до набора ним достаточной прочности.

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

Устойчивость подготовительных выработок зависит от напряженно-деформированного состояния вмещающих пород. Степень нарушенности массива определяет величину нагрузок на все виды крепи, а, следовательно, и их деформацию. Негативное влияние горных работ (проходки штреков и выемки угольного пласта) начинает развиваться с деформации пород подработанной кровли [1]. Величина опускания контура кровли определяет мощность подвергающегося деформациям слоя пород, который, в свою очередь, формирует нагрузку на рамную крепь и на крепь сопряжения штрека с лавой. Экспериментальными исследованиями установлено, что, в среднем, для различных условий, мощность формирующей нагрузку на крепь слоя пород в 8-10 раз превышает величину опускания контура подработанной кровли [2]. Кроме того, вследствие увеличения нагрузки на крепь сопряжения, растет нагрузка на породы надработанной почвы угольного пласта, а, следовательно, и интенсивность пучения почвы штрека. Поэтому, первоочередной задачей при креплении подготовительных выработок является минимизация опускания подработанной кровли.

При проходке штрека это достигается путем анкерования его контура, а при последующей выемке угольного пласта – сооружением околоштрековой полосы высокой жесткости [2, 3]. Важное значение при разработке паспортов крепления также имеет минимизация материальных и трудовых затрат, что достигается выбором рациональных параметров комплексной крепи для конкретных условий эксплуатации выработки и ее повторным использованием при отработке смежной лавы.

Исследования [4] показали, что использование околоштрековых полос, основу которых составляют различные конструкции из лесоматериалов и бутовой породы, позволяет породам подработанной кровли опускаться на 50-70 % от вынимаемой мощности пласта. Кроме того, в соответствии со справочными данными [5], по мере увеличения влажности сосны с 15 % до 30 %, предел ее прочности на сжатие снижается на 30 %, а с увеличением температуры окружающей среды с 20 до 50⁰ С – еще на 20-40 %. То есть в шахтных условиях прочность лесоматериалов с течением времени уменьшается, в среднем, на 50 %. Это особенно важно учитывать при планировании повторного использования выработки в процессе отработки смежного выемочного столба.

Единственным материалом не только не теряющим прочности в сложных шахтных условиях, но и увеличивающим ее в течение десятков лет, причем тем интенсивнее, чем выше влажность и температура, является бетон. До настоящего времени наибольшее распространение имели два способа сооружения бетонных полос – их выкладка из блоков (БЖБТ), либо заливка бетона в предварительно сформированную из органических рядов опалубку – литая полоса (ЛП).

Основным недостатком БЖБТ является концентрация напряжений в местах контакта соприкасающихся блоков, что обуславливает их разрушение даже при относительно небольших нагрузках. Укладка между рядами блоков деревянных прокладок на некоторое время устраняет данный недостаток. Однако, по мере увеличения нагрузки, дерево раздавливается (предел прочности сосны на сжатие поперек волокон, по различным источникам, составляет всего 1,8-3,2 МПа), что провоцирует существенную усадку полосы и опускание кровли, а в последующем и возникновение повышенных напряжений на контакте блоков.

Опыт использования литых полос показал их высокую эффективность, однако их практическое применение существенно ограничивается технологией сооружения. Для сооружения ЛП требуется дополнительное оборудование (бетономешалка и насос для подачи раствора в опалубку), а самое главное – размещение данного габаритного оборудования и осуществление процесса сооружения полосы непосредственно в штреке на сопряжении с лавой. Это существенно усложняет проведение очистных работ и повышает опасность травматизма. В мировой практике данная проблема решается путем затворения смеси водой на поверхности, с последующей транспортировкой жидкого бетона по трубопроводам в выработки. Однако такой способ сооружения литых полос целесообразен при существенном расходе бетона – при одновременной отработке нескольких лав (3 и более) с высокими темпами подвигания очистного забоя (5-

7 м/сут.). Это является основной причиной редкого использования ЛП при креплении выемочных штреков на шахтах Украины.

В 2014 г. нами разработан, запатентован и уже применен в более чем 2-х десятках выработок, способ сооружения околоштрековой бетонной пакетированной полосы (ПП) [6]. Он предусматривает выкладку пакетов с сухой цементно-минеральной смесью (СЦМС) на сопряжении выемочных штреков с лавой и последующее затворение смеси путем нагнетания воды через игольчатый иньектор.

Исследования показали [7], что при идентичном составе смеси (испытаниям подвергались образцы, изготовленные из СЦМС Текхард) [8], без учета рельефа нагружающих поверхностей (неровностей подработанной кровли и надработанной почвы угольного пласта), предел прочности на сжатие ($R_{сж}$) литой полосы на 15-20 % выше, чем пакетированной. Это объясняется геометрической формой ЛП в виде параллелепипеда, ее монолитной структурой и замешиванием смеси после затворения водой. Также установлено, что при учете рельефа пород, предел прочности на сжатие ($R_{сж}$) ЛП и ПП имеет приблизительно равные значения, однако остаточная прочность ПП в 1,5-2,2 раза выше, чем у ЛП (за счет послойного деформирования ПП – крайние верхний и нижний ряды пакетов после раздавливания равномерно распределяют нагрузку на последующие слои).

Для выявления и обоснования причин выравнивания значений $R_{сж}$ для литых и пакетированных полос в шахтных условиях, нами проанализированы особенности технологий их сооружения. Установлено, что одним из технологических факторов, влияющих на прочностные характеристики околоштрековых полос в шахтных условиях, является то, что бетон в литой полосе застывает с открытой поверхностью, а в пакетированной – он полностью закрыт полиэтиленом. Кроме того, интенсивность набора прочности бетоном также зависит от температуры окружающей среды.

Таким образом, целью исследований являлось установление влияния температуры шахтной среды и технологии сооружения бетонных околоштрековых полос на их прочностные характеристики.

Исследование предела прочности бетона на сжатие осуществлялось на образцах кубической формы, путем нагружения на прессе на различных временных стадиях их затвердения.

Температурный режим в выработках зависит от горно-геологических условий и для различных выемочных участков колеблется в широких пределах. В связи с этим, испытаниям подвергались образцы, выдержанные в термощкафе при температурах 20⁰ С, 30⁰ С и 40⁰ С различные промежутки времени τ в интервале от 1 до 28 суток.

Установлено (рис. 1), что при температуре окружающей среды 20⁰С, за первые 7 суток бетон из смеси Текхард набирает порядка 70 % от своей прочности на 28-е сутки, а далее интенсивность упрочнения снижается. С увеличением температуры до 30⁰С и до 40⁰С, в интервале времени 1-7 суток, интенсивность набора прочности бетоном возрастает соответственно на 20 % и 40 % по срав-

нению с застыванием при температуре 20°C . Однако в последующий период времени (от 7 до 28 суток) увеличение прочности бетона имеет практически одинаковый характер при любой из исследованных температур, в результате чего, увеличение температуры в 2 раза приводит к увеличению прочности бетона на 28-е сутки всего на 10-15 %. То есть, с течением времени, влияние температурного фактора снижается и процесс набора прочности бетоном подчиняется логарифмическим зависимостям:

$$\text{при } t=20^{\circ}\text{C} - R_{\text{сж}} = 5,9\ln(\tau_n) + 11,5, \quad R^2 = 0,96; \quad (1)$$

$$\text{при } t=30^{\circ}\text{C} - R_{\text{сж}} = 6,6\ln(\tau_n) + 15,3, \quad R^2 = 0,97; \quad (2)$$

$$\text{при } t=40^{\circ}\text{C} - R_{\text{сж}} = 6,9\ln(\tau_n) + 18,5, \quad R^2 = 0,94, \quad (3)$$

где t – температура окружающей среды, град.; $R_{\text{сж}}$ – предел прочности образцов на сжатие, МПа; τ_n – время застывания бетона, сут.

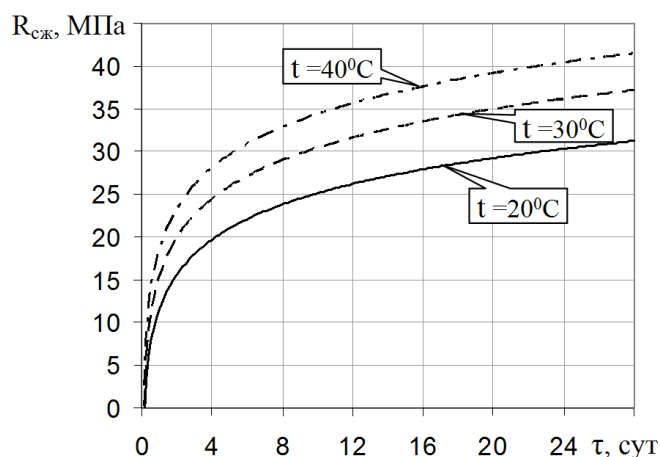


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности образцов на сжатие от времени застывания смеси при различных температурах окружающей среды

В шахтных условиях для предохранения бетона от разрушения до набора достаточной прочности, применяется ограждающая органная крепь из лесоматериалов. Учет установленных зависимостей влияния температурного фактора на интенсивность набора бетоном прочности позволит повысить точность расчетов необходимого количества и схемы расположения стоек органной крепи.

С целью установления степени влияния на прочностные свойства бетона фактора, обусловленного технологиями сооружения литой и пакетированной полос, исследуемые образцы кубической формы выдерживались различные промежутки времени (от 1 до 58 суток) в опалубке с открытой верхней гранью (шахтные условия застывания ЛП), либо запакованными в полиэтилен (шахтные условия застывания ПП). При этом все прочие факторы, оказывающие влияние на прочность околострековых полос (состав смеси, соотношение сухой массы с водой (5:1), замешивание раствора после затворения водой, гео-

метрическая форма (кубики) и размеры образцов, шлифовка граней образцов перед испытанием на прессе, температура окружающей среды) были идентичны. Образцы были поделены на партии. Каждая партия состояла не менее, чем из 10 образцов, изготовленных по одной технологии (ПП или ЛП) и выдержанных равные промежутки времени после затворения водой). Результаты испытаний представлены на рис. 2.

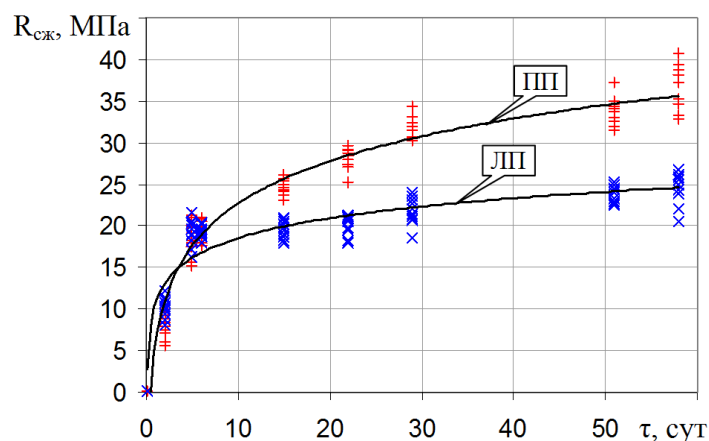


Рисунок 2 – Влияние технологии сооружения околострековых полос на прочность бетона в зависимости от времени застывания смеси

Анализ графиков показывает, что с течением времени прочность бетона в ПП и ЛП возрастает по логарифмическим зависимостям

$$\text{для ПП} - R_{сж} = 7,5 \ln(\tau_n) + 5,7, \quad R^2 = 0,93; \quad (4)$$

$$\text{для ЛП} - R_{сж} = 3,4 \ln(\tau_n) + 10,6, \quad R^2 = 0,79. \quad (5)$$

При этом в начальный промежуток времени τ в интервале от 1 до 4 суток после затворения смеси водой, предел прочности образцов, изготовленных по технологии ЛП на 20-30 % выше, чем у ПП. Это объясняется быстрым отверждением образцов вследствие более интенсивного испарения влаги в условиях открытой верхней грани.

Однако на 4-е сутки предел прочности ПП и ЛП становится равным, а по мере дальнейшего увеличения времени τ , прочность ПП превышает прочность ЛП на 20-30 %. Данная закономерность обусловлена создаваемой пакетами (ПП) замкнутой средой, препятствующей интенсивному испарению влаги и, тем самым, предотвращающей образование в бетоне микропор от давления водяных паров, направленного из бетонной конструкции наружу. Кроме того, интенсивное обезвоживание смеси в ЛП на начальных стадиях отверждения, останавливает процессы гидратации цементного камня в последующий временной интервал [9].

Перед статистической обработкой результатов испытаний образцов бетона на прессе, в соответствии с нормативным документом [10], все выборки (16 партий по 10 образцов в каждой) проверялись на соответствие гипотезе о

нормальном распределении, согласно критерию Пирсона. Для проверки гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности при заданном уровне значимости была использована известная методика, изложенная в работе [11]. Методом произведений определены выборочная средняя, выборочная дисперсия и среднее квадратичное отклонение для генеральной совокупности. Расчеты показали, что теоретические и эмпирические частоты повторения вариантов прочности образцов в партии (равноотстоящая совокупность) отличаются незначительно, следовательно, гипотеза о нормальном распределении выборки по критерию Пирсона полностью подтверждается (принимается), а значит можно переходить к следующему этапу статистической обработки результатов лабораторных исследований.

При числе d единичных значений прочности бетона в партии больше шести, оценка среднего квадратического отклонения прочности в партии (S_p), МПа, осуществляется по формуле

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=1}^d (R_i - \bar{R}_p)^2 / (d - 1)}, \quad (6)$$

где R_i – единичные значения прочности бетона одной партии, МПа;

$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^d R_i / d$ – среднее арифметическое прочности бетона в партии.

Согласно нормативному документу [10], коэффициент вариации прочности бетона V_p в партии рассчитывается по формуле

$$V_p = S_p / \bar{R}_p. \quad (7)$$

Среднее значение коэффициента вариации прочности бетона V_p за весь анализируемый период n , который в проведенных нами экспериментах составлял до 58 суток, вычисляется по формуле

$$V_n = \sum_{j=1}^n V_{pj} \cdot n_j / \sum_{j=1}^n n_j, \quad (8)$$

где V_{pj} – коэффициенты вариации прочности бетона в каждый j -тый из n период времени; $\sum_{j=1}^n n_j$ – общее число единичных значений прочности бетона за анализируемый период n .

Для оценки достоверности показателя прочности бетона обязательной характеристикой является однородность. Ее составляющими являются среднее квадратическое отклонение (S_p) и коэффициент вариации V_p . При этом опреде-

ление доверительного интервала позволяет оценить представительность эксперимента, зависящую, в свою очередь, от разброса значений среднего арифметического прочностного бетона $\overline{R_p}$ и количества испытаний.

При заданной доверительной вероятности g доверительный интервал $\pm \Delta$ определяется соотношением

$$\overline{R_p} - \Delta < R_i < \overline{R_p} + \Delta, \quad (9)$$

где $\overline{R_p} - \Delta$ и $\overline{R_p} + \Delta$ – нижнее и верхнее значения доверительного интервала предела прочности, соответственно.

$$\Delta = t_v \cdot \overline{S_p}(R_p), \quad (10)$$

где $\overline{S_p}(R_p) = S_p / \sqrt{n}$ – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения; t_v – квантили распределения Стьюдента.

Значения t_v определяются по таблицам, приведенным в [11] и зависят от заданной доверительной вероятности g и степени свободы k

$$t_v = f(g, k), \text{ где } k = n - 1. \quad (11)$$

При этом относительная погрешность оценки среднего значения

$$\delta = \Delta / \overline{R_p}. \quad (12)$$

Статистическая обработка результатов лабораторных исследований при доверительной вероятности $g=0,95$ показала низкую относительную погрешность оценки среднего значения δ – в пределах от 0,027 до 0,123.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены следующие результаты:

- установлены логарифмические зависимости набора прочности бетоном под влиянием температурного фактора на различных временных стадиях его застывания, учет которых позволит повысить точность расчетов ограждающей органной крепи из лесоматериалов, предохраняющей бетон от разрушения до набора ним достаточной прочности;

- создаваемая пакетами замкнутая среда, препятствует интенсивному испарению влаги и, тем самым, предотвращает образование в бетоне пор от давления водяных паров, направленного из бетонной конструкции наружу, вследствие чего в начальный промежуток времени (1-4 суток после затворения смеси водой), предел прочности бетона в литой полосе на 20-30 % выше, чем в пакетирующей, а в последующий период прочность бетона в пакетирующей полосе превышает его прочность в литой на 20-30 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат, А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.
2. Курносов, С.А. Влияние жесткости околострековых полос на конвергенцию контура выемочного штрека и состояние вмещающего массива / С.А. Курносов, А.А. Цикра, Д.И. Аверкин [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 121. – С. 160-171.
3. Круковский, А.П. Исследование напряженного состояния горного массива вокруг выработки в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы / А.П. Круковский // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 91. – С. 239-244.
4. Аверкин, Д.И. Оценка влияния способов поддержания сопряжения лавы со штреком на характер деформирования подготовительной выработки / Д.И. Аверкин // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 120. – С. 256-265.
5. Гринь, И.М. Проектирование и расчет деревянных конструкций: Справочник / И.М. Гринь, В.В. Фурсов, Д.М. Бабушкин [и др.]. – К.: Будівельник, 1988. – 240 с.
6. 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. – u 2014 02466; заявл. 12.03.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.
7. Исследование влияния способов сооружения бетонных околострековых полос на их прочностные и деформационные параметры / С.А. Курносов, А.А. Цикра, Д.И. Аверкин [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 122. – С. 128-139.
8. ТУ У 26.2-35833631-003:2011 Смеси сухие цементно-минеральные марки Текхард (TEKHARD UA), Донецк, Украина.
9. Блещик, Н.П. Кинетика формирования структуры и прочности самоуплотняющегося бетона / Н.П. Блещик, А.Н. Рак // Строительная наука и техника. – 2006. - № 6. – С. 30-41.
10. ДСТУ БВ.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності. Науково-дослідний інститут будівельних матеріалів (НДІБМ). Наказ № 644 від 22.12.2009 р. Дійсний з 01.09.2010 р.
11. Степанов, А.В. Курс теории вероятностей и математической статистики / А.В. Степанов, И.С. Никитина. М.: МГИМО, – 2008 – 159 с.
12. Рунова, Р.Ф. Оценка прочности бетона: нормативные документы, условия испытаний, достоверность / Р.Ф. Рунова, И.И. Руденко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – вип. 43/2012 р. – стор. 125-132.

REFERENCES

1. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe krepnenie gornykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Support-anchoring mine workings of coal mines], Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Kurnosov, S.A., Zaderiy, V.V., Pilyugin, V.I., Demidenko, A.G., Tsikra, A.A., Aeverkin, D.I., Baldin, V.V., Silishchev, A.G. (2015), “How the rib-side track rigidity impacts on the gate contour convergence and enclosing rock state”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 121, pp. 160-171.
3. Krukovskiy, A.P. (2010), “Investigation stress state of rock mass around workings in the zone of its conjunction with the longwall goaf”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 91, pp. 239-244.
4. Aeverkin, D.I. (2015), “How methods of supporting the longwall and gallery ends impact on character of the preparatory roadway deformation”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 120, pp. 256-265.
5. Grin, I.M. and Babushkin, D.M. (1988), *Proektirovanie i raschet derevyannykh konstruksiy: Spravochnik* [Design and calculation of wooden constructions: Directory], Budivelnik, Kiev, Ukraine.
6. Bulat, A., Smirnov, A., Kurnosov, S., Voziyanov, V., Tsikra, O., Zaderiy, V. and Aeverkin, D., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2014), *Sposib okhorony pidgotovchoi vyrobky* [The way health development working], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 92305.
7. Kurnosov, S.A., Osenniy, V.Ya., Zaderiy, V.V., Tsikra, A.A., Aeverkin, D.I. (2015), “Research of interdependence between methods of concrete rib-side track building and the track strength and deformation parameters”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 122, pp. 128-139.
8. TEKHard UA (2011), *TU U 26.2-35833631-003:2011: Smesi sukhie tsementno-mineralnye*

Tekhard (TEKHARD UA). [TU U 26.2-35833631-003: 2011: Dry mix of cement and mineral brand Tekhard (TEKHARD UA)], Donetsk, Ukraine.

9. Bleshchik, N.P. and Rak, A.N. (2006), "The kinetics of formation of structure and the strength of self-compacting concrete", *Stroitel'naya nauka i tekhnika* [Construction science and technology], no. 3, pp. 30-41.

10. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (2009), BV.2.7-224:2009. *Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti*. Standart [BV.2.7-224:2009. Concretes. Rules strength control.], Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services, Kiev, Ukraine.

11. Stepanov, A.V., Nikitina, I.S. (2008), *Kurs teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki*. [Treatise of the theory of probability and mathematical statistics], MGIMO, Moscow, Russia.

12. Runova, R.F. and Rudenko, I.I. (2012), "Assessment of concrete strength: normative documents, test conditions, the accuracy", *Budivelni materialy, vyrobny ta sanitarna tekhnika* [Construction materials and sanitary equipment], no. 43, pp. 125-132.

Об авторе

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

About the author

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

Анотація. Метою досліджень було встановлення впливу температури шахтного середовища і технології спорудження бетонних навколоштрекових полос на їх міцнісні характеристики. Дослідження проводились методом імітаційного моделювання в лабораторних умовах. Встановлено залежності інтенсивності набору міцності бетоном під впливом температурного фактора, а також факторів, обумовлених технологіями спорудження навколоштрекових бетонних литої і пакетованої полос. Доведено, що в початковий період часу (1-4 діб після додавання в суміш води), межа міцності бетону в литій полосі на 20-30% вище, ніж в пакетованій. У наступний період міцність бетону в пакетованій полосі перевищує його міцність в литій на 20-30%. Врахування встановлених залежностей дозволить підвищити точність розрахунків огорожувального дерев'яного органного кріплення, яке оберігає бетон від руйнування до набору ним достатньої міцності.

Ключові слова: охорона підготовчих виробок, способи спорудження навколоштрекових полос, механізм деформування полос.

Annotation. An objective of this research was to study how ambient temperature and technologies of the rib-side concrete monolith tracks erection impact on the track rigidity. To this end, a method of laboratory simulating modeling was used. It was found that intensity of the concrete strength increase depends on temperature factors and factors associated with the technologies of the rib-side concrete monolith and packed tracks erection. It has been proved that during the initial period of time (1-4 days from the moment of tempering a dry concrete mix with water) ultimate concrete strength of the monolith track is 20-30% higher than of the packed track, while later the concrete strength of the packed track is 20-30% higher than the same of the monolith track. Taking into account the established dependencies will be resulted in more accurate calculations of the wooden cutting-off supports which preserve the concrete from early destruction before it gains sufficient strength.

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

Статья поступила в редакцию 10.11.2015

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Софийским К.К.