

Устойчивость упорных перемычек в выработках, сопряженных с ликвидируемым вертикальным стволом

Установлено, что причиной усадки закладочного материала в затопленных ликвидированных вертикальных стволах является потеря устойчивости упорных перемычек. Получены расчетные формулы для определения допустимой толщины упорной перемычки в конкретных условиях.

Одна из проблем, возникающих при закрытии угольных шахт, – ликвидация вертикальных стволов, обеспечивающая их надежную изоляцию от земной поверхности в течение продолжительного времени. Согласно Правилам [1] после возведения упорных изолирующих перемычек в околоствольных выработках с учетом требований инструкций [2] предусматривается полная засыпка ликвидируемых стволов с сооружением полков перекрытий на уровне земной поверхности. Однако на практике из-за усадки закладочного материала полная засыпка не гарантирует надежную изоляцию ствола, особенно его приустьевой части, так как со временем происходят провалы земной поверхности, причиной которых является значительная усадка закладочного материала, относительное значение которой составляет 12 – 71 % глубины ствола [3]. Усадка происходит из-за проникновения закладочного материала через разрушенные изолирующие упорные

перемычки, сооруженные в сопряженных со стволом выработках.

Учитывая изложенное, необходимо исследовать актуальный вопрос потери устойчивости околоствольных перемычек и решить основные задачи: определить условия разрушения сооружаемых перемычек, изолирующих ликвидируемый ствол, и рассчитать параметры, обеспечивающие их устойчивость.

Сопротивляемость рассматриваемых перемычек разрушению [2] зависит в основном от их габаритов и прочности материалов. Минимальная толщина наиболее часто применяемых шлакоблочных перемычек (рис. 1) с учетом условий их работы составляет:

на сжатие

$$d_{сж} = 2b \left(\sqrt{\frac{r_n}{r_n - 0,1p_b}} - 1 \right), \quad (1)$$

на срез

$$d_{ср} = \frac{p_b h b}{2(b+h)r_{ср}}, \quad (2)$$

где r_n – сопротивление на сжатие кровли и почвы в месте возведения перемычки, Па;
 p_b – давление, Па;
 b и h – ширина и высота перемычки, м;
 $r_{ср} = 0,15 r_{ш}$ – сопротивление шлакоблока на срез, Па.

Фактическая толщина перемычки, обеспечивающая ее устой-



А. Ф. БОРЗЫХ,
 доктор техн. наук
 (Донбасский ГТУ)



В. О. ФОМИН,
 инж.
 (ГП «ОД
 «Луганскуглереструктуризация»)

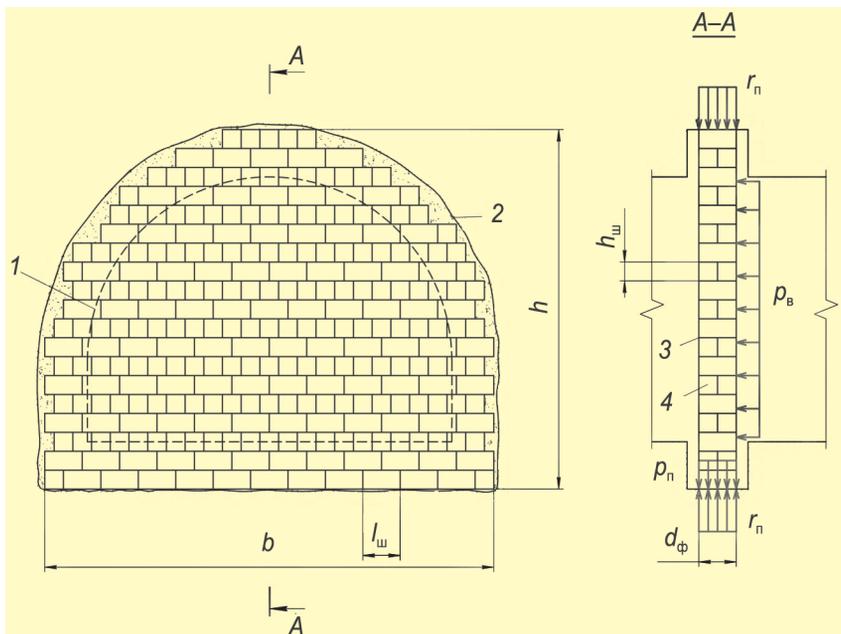


Рис. 1. Схема упорной изолирующей перемычки из шлакоблоков: 1 – контур выработки; 2 – контур вруба; 3 – остаточный слой цементно-песчаного раствора; 4 – шлакоблок.

чивость, $d_{\phi} > d_{сж}$ и $d_{\phi} > d_{ср}$. В формулах (1) и (2) не учитывается коэффициент сцепления кладки затвердевшего цементно-песчаного раствора $k_c = r_{ш} / r_p$, где $r_{ш}$ – сопротивление шлакоблока на одноосное сжатие, Па; r_p – сопротивление на сжатие затвердевшего раствора, зависящее от его марки и толщины слоя, Па.

Шахтные испытания прочности кладки [4] с применением поршневого динамометра показывают, что разрушение перемычки при воздействии равномерно-распределенной нагрузки происходит по слоям раствора, так как $r_{ш} \gg r_p$.

При этом сопротивления на сжатие шлакоблока марки ТЗ и затвердевшего цементно-песчаного раствора марки М100 составляли соответственно 13 и 3,3 МПа при толщине цементно-песчаного слоя $d_p = 0,01-0,012$ м и коэффициенте сцепления кладки 1,25.

В результате эксперимента, проведенного в шахте, установлено, что при толщине раствора 0,003...0,005 м произошло разрушение перемычки весом $P_{п} = 130,6$ кН в результате приложения к ней поршневым динамометром силы $P_{д} = 132,1$ кН. Сопротивление срезу раствора составило 64 кПа при фактическом коэффициенте сцепления $k_{с.ф} = 1,01$ [4].

Вес шлакоблочной перемычки

$$P_{п} = g k_s 10^{-3} \left[\frac{n_{ш} k_p h_b m_{ш}}{h_{ш} l_{ш}} + V_p \rho_p V_{ш} \right], \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

k_s – коэффициент, учитывающий уменьшение площади поперечного сечения выработки по мере возведения перемычки;

$n_{ш}$ – количество шлакоблоков по ширине перемычки, шт.;

k_p – коэффициент снижения всего объема перемычки за счет толщины укладываемого цементно-песчаного раствора;

h_b – высота выработки, м;

$m_{ш}$ – масса шлакоблока, кг;

$h_{ш}$ и $l_{ш}$ – высота и длина шлакоблока, м;

V_p – объем раствора при укладке 1 м³ шлакоблока;

ρ_p – объемная масса цементно-песчаного раствора М100, кг/м³;

$V_{ш}$ – объем шлакоблока в перемычке, м³.

Возведение перемычек в вентиляционных ходах склада взрывчатых материалов (ВМ) на горизонте 545 м восточных лав пласта k_5 , примыкающих к стволу № 3 на участке «Романовская» ликвидируемой шахты «Славяносербская» ГП «ОД «Луганск-углереструктуризация», показывает, что при укладке слоя раствора на его толщину существенно влияет депрессия воздушного потока при нормальном и естественном режимах проветривания. Депрессия повышается из-за перераспределения количества воздуха, способствующего возникновению дополнительного аэродинамического сопротивления вентиляционной струе в результате последовательно изолируемых сопряженных со стволом выработок, а также уменьшения площади сечения, пропускающего воздух по мере возведения перемычки. На основании Руководства [5] депрессия воздушного потока

$$D = r N^2, \quad (4)$$

где r – аэродинамическое сопротивление горной выработки, кц;

N – количество воздуха, проходящего по выработке, м³/с.

Повышенный капеж и депрессия воздушной струи – основные факторы, влияющие на толщину формируемого слоя раствора, что является одной из

причин разрушения перемычки и требует поэтапно ведения.

Расчетная схема к определению силы сдува P_c потоком воздуха вентиляционной струи порции раствора, выкладываемой на горизонтальную стенку перемычки, представлена на рис. 2,

$$P_c = gDS_p, \quad S_p = 0,5\pi l_p b_p; \quad (5)$$

$$T = Q_p f_{тр}, \quad Q_p = \pi(0,5l_p)^2 d_p \rho_p g 10^{-6}, \quad (6)$$

где T – сила сопротивления движению раствора, Н;

S_p – площадь порции раствора, укладываемого штукатурной лопаткой на горизонтальную поверхность шлакоблока при возведении перемычки, м²;

b_p и l_p – ширина и длина растворного шва, укладываемого за один прием, м;

Q_p – вес порции раствора, Н;

$f_{тр}$ – коэффициент трения.

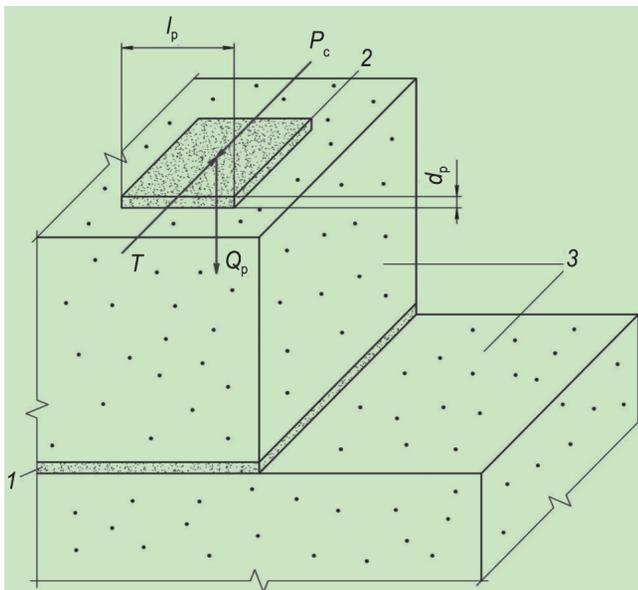


Рис. 2. Расчетная схема к определению силы сдува порции раствора, выкладываемой на горизонтальную стенку перемычки: 1 – остаточный слой раствора; 2 – порция свежего цементно-песчаного раствора; 3 – шлакоблок.

При определении устойчивости шлакоблочной перемычки с учетом толщины слоя скрепляющего раствора следует учитывать не только сопротивление шлакоблока на срез, но и коэффициент сцепления кладки k_c после его затвердевания. Тогда фактическое значение сопротивления шлакоблока на срез

$$r_{с.ф} = 0,15r_{ш}k_c. \quad (7)$$

Разрушению упорных изолирующих перемычек еще на этапе засыпки способствуют периодические гидравлические удары от падения в воду затапливаемого вертикального ствола «доз» закладочного ма-

териала. Повышение давления воды при разовом гидравлическом ударе на основании работы [6]

$$\Delta p = \frac{\rho_B v_k v}{g}, \quad (8)$$

где ρ_B – плотность воды, кг/м³;

v_k – конечная скорость падения закладочного материала до соприкосновения с водной поверхностью затопленного ствола, м/с;

v – скорость распространения ударной волны в водной среде, м/с.

При расчете устойчивости упорных изолирующих перемычек необходимо учитывать не только суммарное воздействие гидравлических ударов $\Sigma \Delta p$, но и нагрузку закладочного материала

$$P_3 = \rho_3 h_3, \quad (9)$$

где ρ_3 – объемная масса закладочного материала в разрыхленном виде, кг/м³;

h_3 – высота столба закладочного материала, м.

Фактическая толщина упорной перемычки, обеспечивающая ее устойчивость по факторам совместного влияния давления закладочного материала, гидроударов и депрессии воздушной струи с учетом формул (1 – 9), должна составлять

$$d_{сж.ф} = 2b \left(\sqrt{\frac{r_{ш}}{r_{ш} - 0,1(p_B + \Sigma \Delta p + P_3)}} - 1 \right), \quad (10)$$

$$d_{ср.ф} = \frac{(p_B \Sigma \Delta p + P_3) h_B}{2(b+h)r_{с.ф}}. \quad (11)$$

Полученные значения $d_{сж.ф}$ и $d_{ср.ф}$ необходимо сравнить с $d_{сж}$ и $d_{ср}$. При условиях $d_{сж.ф} > d_{сж}$ или $d_{ср.ф} > d_{ср}$ следует ожидать разрушения упорных перемычек.

Примером, подтверждающим условия обеспечения устойчивости перемычек, является ликвидация вертикального ствола № 4 шахты «Украина». В 1999 г. на его сопряжении с выработкой околоствольного двора на горизонте 290 м была сооружена изолирующая глухая перемычка толщиной 40 см. Расход воздуха, проходящего по выработке околоствольного двора на горизонте 290 м в месте сооружения перемычки, составил 59,33 м³/с, аэродинамическое сопротивление – 1,5 кПа при расчетном значении депрессии 52,8 кПа. Соответственно при силе потока воздуха, равной 211 Н, сдувается доза цементно-песчаного раствора массой 1,1 кг. Согласно формулам (10) и (11) расчетная толщина перемычки должна составить не менее 3,9 м без учета гидроударов. В 2002 г. при повторной дозасыпке этого ствола было установлено, что усадка закладочно-

го материала произошла на высоту 86 м, что составило 29 % глубины ствола. Это подтверждает закономерность вывода о разрушении упорной переемычки на этапе засыпки ствола по указанным причинам.

Выводы. Причина большой усадки закладочного материала в стволе связана с его «уходом» через разрушенные упорные околоствольные изолирующие переемычки.

Потеря устойчивости шлакоблочных переемычек зависит от их прочностных характеристик, обуславливаемых габаритными размерами, толщиной переемычки и высотой слоя цементно-песчаного раствора, а также внешними силовыми воздействиями, депрессией воздушного потока, повторяющимися гидравлическими ударами от падения «доз» закладочного материала, давления и закладочного материала.

При ликвидации глубоких вертикальных стволов с применением полной засыпки во избежание повторных дозасыпок при «уходе» закладочного материала через разрушенные упорные переемычки необходимо применять расчетные формулы с учетом конкретных исходных условий.

1. *Правила* ликвидации стволов угольных шахт: КД 12.12.005-2001; КД 12.12.006-2001. – [Действует с 2001–03–01]. – Донецк: Минтопэнерго Украины, 2001. – 122 с. – (Нац. стандарт Украины).
2. *Сборник* инструкций и других нормативных документов по технике безопасности для угольной промышленности. – М.: Недра, 1978. – 744 с.
3. *Фомин В. О.* Потенциально опасные зоны провалов на поверхности вокруг ликвидированных стволов // *Уголь Украины*. – 2011. – № 8. – С. 22 – 24.
4. *Строительные* нормы и правила: СНиП П-22–81. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. – [Действует с 1983–01–01]. – М.: ЦНИИСК, 1984. – 424 с.
5. *Руководство* по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 312 с. – (Гос. нормат. акт по охране труда).
6. *Жуковский Н. Е.* Гидравлический удар в водопроводных трубах. – Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1949. – 105 с.

Выписывайте журнал «Уголь Украины» на 2012 год

Журнал освещает важнейшие проблемы угольной промышленности в области науки, техники, технологии, безопасности труда, обогащения, шахтного строительства, экономики, экологии шахтерских регионов.

На журнал можно подписаться в любом отделении связи.
Индекс журнала в Каталоге изданий Украины 2012 г. (I полугодие)
74492 (с. 171).