

УДК 622.831

И.Г. САХНО (канд. техн. наук. доц.)

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

А.А. ИСАЕНКОВ (ст. препод.)

Красноармейский индустриальный институт, г. Красноармейск

Д.А. ЧЕПИГА (горный инженер)

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

В статье определена актуальность проблемы борьбы с пучением при поддержании выработок в зоне опорного давления. Показано, что структурное строение пород почвы в зоне опорного давления и механизм развития смещений в почве выработки необходимо учитывать при разработке способов борьбы с ними. Предложен способ обеспечения устойчивости почвы горных выработок. Описан механизм работы предложенного способа.

Ключевые слова: горная выработка, пучение почвы, нагрузка, зона сжатия, деформация

Пучение пород почвы горных выработок – одна из основных проблем горной практики за все годы подземной добычи угля. Для большинства месторождений полезных ископаемых характерно пучение вследствие общего изменения напряжённо-деформационного состояния массива горных пород [1]. На современных глубинах разработки доля смещений почвы в общей конвергенции достигает 50-70%. Однако, несмотря на это, целью развития средств крепления горных выработок в основном является уменьшение смещений пород кровли. Исследования и разработки направленные на совершенствование типов крепей, их узлов и элементов, форм контура выработки, практически не связаны с предотвращением пучения пород почвы. Научные изыскания в направлении снижения смещений почвы в полость выработки в настоящее время не доведены до состояния завершённых технологий внедренных в производство, исключением являются крепи с обратным сводом и технология анкерования пород почвы. Наиболее распространённым средством борьбы с пучением является подрывка, являющаяся, по сути, способом ликвидации последствий пучения.

Существующие способы борьбы с деформациями пород почвы по воздействию на массив условно можно разделить на две группы 1) способы, основанные на упрочнении пород (цементизация, анкерование, химическое упрочнение и др.); 2) способы, основанные на разгрузке массива от повышенных напряжений в почве выработки (ВЦР, скважинная разгрузка, АРПУ и т.д.).

Способы, основанные на разгрузке, в основном реализуются за счёт создания полостей в виде щелей или скважин. Следует отметить, что эффект разгрузки при этом является ограниченным во времени. Несмотря на то, что способы борьбы с пучением основанные на разгрузке пород почвы являются более прогрессивными и эффективными в условиях больших глубин, они не находят широкого применения на угольных шахтах.

Реализация существующих способов борьбы с пучением в основном производится на стадии сооружения выработки, когда породы почвы практически не нарушены и представляют собой сплошную среду. В то же время анализ смещений контура выработок, обслуживаемых лавы, отработываемые по столбовой и комбинированной системам разработки, а также в других выработках, попадающих в зону опорного давления, показывает, что смещения пород почвы на этапе проведения выработки в 2-4 раза меньше чем в зоне опорного давления. При этом фрак-

ционный анализ пород при подрывке почвы в выработках поддерживаемых в зоне опорного давления, позволяет сделать вывод, что, как правило, породы представлены дискретной средой [3]. Таким образом, способы борьбы с пучением основанные на разгрузке пород не являются эффективными.

Известно, что в этих условиях вокруг выработки уже существует зона разрушенных пород (ЗРП) и наиболее вероятен механизм пучения - за счет выдавливания разрушенных пород, находящихся в пределах ЗРП в полость выработки вызываемый ростом зоны вокруг выработки под воздействием очистных работ.

Динамику роста ЗРП и смещений пород почвы в подготовительной выработке, можно отследить на схеме, представленной на рисунке 1.

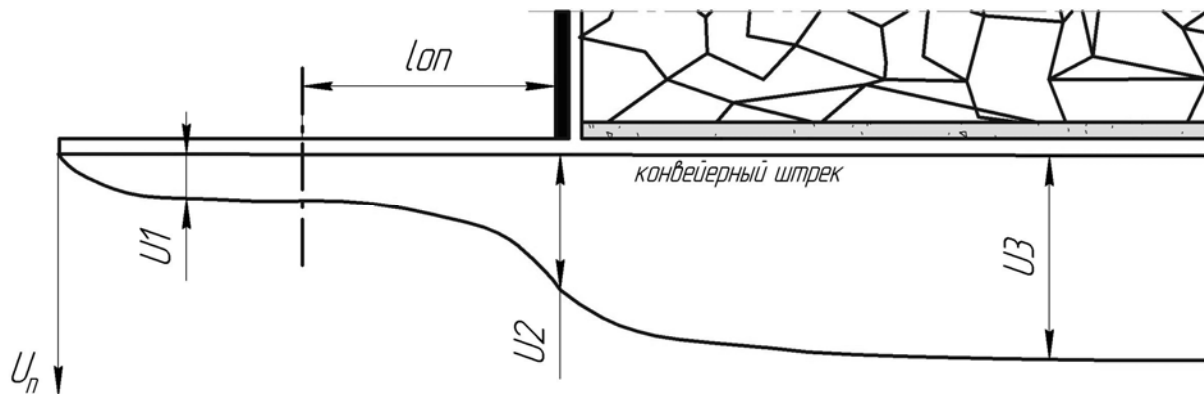


Рис. 1. Характерная кривая смещений пород почвы в подготовительной выработке
 U_1 – максимальные смещения почвы при проведении выработки в нетронутом массиве, мм;
 U_2 – максимальные смещения почвы в зоне опережающего опорного давления, мм;
 U_3 – максимальные смещения почвы выработки на рассматриваемом этапе, мм;
 $L_{оп}$ – зона опережающего опорного давления, м.

Из рис. 1 видно, что в зоне опорного давления наблюдается интенсификация смещений пород почвы, а максимальные смещения могут превышать в 4 и более раз смещения в нетронутом массиве. Соответственно увеличение смещений почвы сопровождается ростом ЗРП. По данным проф. Черняка [2] вне зоны влияния очистных работ пучение почвы, представленной глинистыми и песчанистыми сланцами, происходит в результате упруго-вязко-пластического деформирования и увеличения объема пород при разрушении. Это вызывает образование в почве зон неупругих деформаций и зон разрушения, размеры которых возрастают во времени и приводят к пучению пород почвы до 500мм и более. Зона разрушенных пород в почве выработки может достигать 5-6м, а коэффициент расширения пород 1,06-1,1. В зоне влияния опорного давления лавы пучение интенсифицируется. Максимальные скорости смещений кровли и почвы наблюдаются на некотором (от 5 до 30 м) расстоянии позади лавы, после чего они стабилизируются. В этой зоне смещения почвы достигают значительных величин (более 1000мм), и требуется подрывка почвы, коэффициенты расширения пород почвы 1,1-1,15, а зона разрушенных пород - 10м.

Эффективность способов борьбы с пучением основанных на упрочнении пород определяется глубиной упрочнения, которая ограничивается обычно 2-2,5м, что в 2-4 раза меньше возможного размера ЗРП в зоне влияния очистных работ. Таким образом, при размерах ЗРП более 2,5м эти способы не позволяют существенно предотвратить смещения пород, в этих условиях происходит выдавливание упрочненных пород одним блоком в полость выработки при развитии зоны разру-

шения за границами упрочненной области. Фактически областью эффективного применения способов основанных на упрочнении являются выработки не испытывающие влияния опорного давления. Кроме этого, эти способы требуют больших материальных и трудовых затрат, что учитывая сравнительно небольшой срок их службы не выгодно.

Для повышения эффективности этой группы способов необходимо, чтобы глубина зоны упрочнения была не менее зоны разрушения в почве выработки, что сложно осуществить технологически и экономически невыгодно.

Очевидно, что структурное строение пород почвы в зоне опорного давления (дискретная среда) и описанный механизм развития смещений в почве выработки необходимо учитывать при разработке способов борьбы с ними.

Авторами статьи на основании описанных выше представлений предложен способ борьбы с пучением, основанный на создании в почве выработки локально укрепленных зон создающих искусственные плоскости скольжения, и позволяющих консолидировать разрушенные породы в заданном объеме определенной формы, что в свою очередь позволяет управлять вектором перемещения пород.

Предлагаемый способ борьбы с пучением включает бурение в почву выработки 1 двух рядов шпуров 2 длиной 2-3,5м и заполнение их быстротвердеющим саморасширяющимся составом 3, при этом устьевую часть шпура оставляют незаполненной. Шпуры ориентируют таким образом, чтобы в почве выработки между шпурами при расширении НРС и сжатии пород создавалась область пород в виде треугольной призмы 4 с вершиной в направлении почвы выработки (рис. 2).

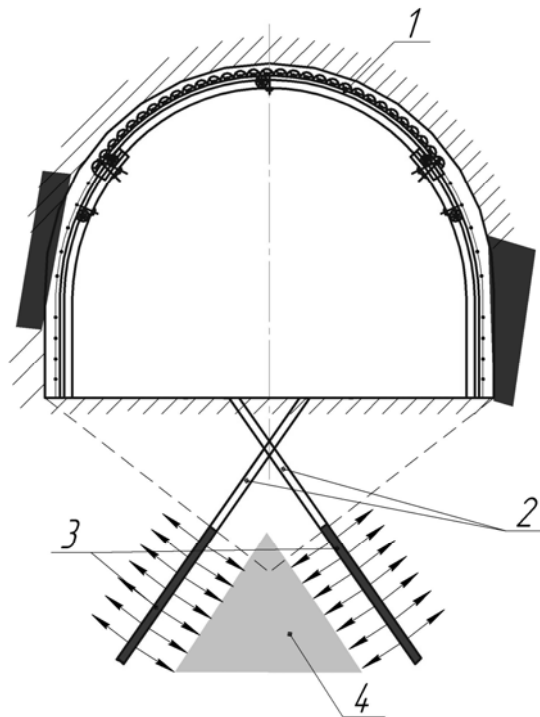


Рис. 2. Предлагаемый способ обеспечения устойчивости почвы выработки
1 – подготовительная выработка; 2 – шпуры; 3 – НРС, 4 – область пород образованная при расширении НРС

Отличительной чертой предлагаемого способа является то, что при минимальном расходе быстротвердеющего состава обеспечивается создание в почве выработки консолидированной породной зоны с заданными параметрами. При этом ук-

репляется не весь объем породы в пределах создаваемой зоны, а только околошпуровая область. Эффект укрепления достигается за счет сжатия пород и повышения трения между породными фрагментами при саморасширении смеси помещенной в шпур.

При изменении НДС вокруг охраняемой выработки и росте ЗРП давление от фронта зоны передается в направлении выработки. Это приводит к нагружению укрепленной области со стороны почвы и боков выработки. Перемещение укрепленной зоны в направлении полости выработки приводит к расклиниванию пород. Таким образом, породы почвы дополнительно сжимаются, что повышает их устойчивость.

В зависимости от соотношения горизонтальных и вертикальных сил воздействующих на укрепленную зону определяется динамика ее перемещения. Механизм работы предложенного способа представлен на рисунке 3.

После реализации способа в пределах ЗРП 1 с радиусом R_1 вокруг шпуров с НРС 2 образована сжатая зона 3 (рис. 3а). Изменение равновесного состояния вокруг выработки, вызванное например подходом лавы и переходом окружающего массива в зону опорного давления приводит к росту ЗРП на величину dR , до радиуса R_2 . Разрушение пород в пределах области dR 4 сопровождается увеличением их в объеме, что создает давление на породы в пределах ЗРП до момента начала ее роста, и способствует их перемещению в направлении выработки. Это приводит к смещениям почвы выработки на величину U_p . Перемещение сжатой зоны 3 в направлении почвы выработки приводит к расклиниванию пород в почве и боках выработки. При этом сжатые области вокруг шпуров 3 являются образующими клина 5, а сжимаемые области в почве и боках 6 гнездом клина. Создаваемая в почве выработки конструкция работает по принципу нарастающего сопротивления.

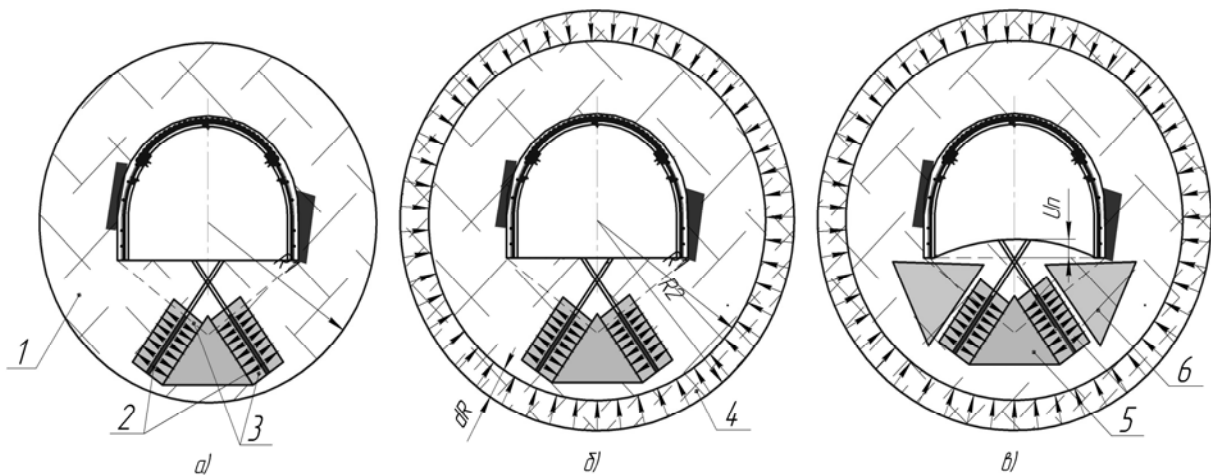


Рис. 3. Механизм работы предлагаемого способа обеспечения устойчивости почвы выработки
1 – зона разрушенных пород до нарушения НДС; 2 – шпуры с НРС, 3 – сжатые зоны вокруг шпуров; 4 – область прироста ЗРП при нарушении НДС; 5 – породный клин в почве выработки; 6 – «гнездо» клина

Вывод

Таким образом, в условиях интенсивного смещения пород почвы, в выработках подверженных влиянию опорного давления способы борьбы с пучением основанные на упрочнении и локальной разгрузке не могут обеспечить устойчивость почвы. Это связано с развитием вокруг выработок на современных глубинах зоны разрушенных пород размерами 5-10м. В статье предложен способ обеспечения устой-

чивости почвы выработки с учетом указанных особенностей. Дальнейшие исследования будут направлены на обоснование параметров предложенного способа.

Список использованной литературы

1. Горная энциклопедия. В 5 т. Т. 4. [под ред. Е.А. Козловского]. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 623 с.
2. Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы в подготовительной выработке / И.Л. Черняк, В.К. Разин // Уголь Украины. – 1982. – №8. – С. 5-6.
3. Исаенков А.А. Лабораторные исследования механизма передачи нагрузки через зону разрушенных пород в почве выработки при повторном нарушении равновесного состояния / А.А.Исаенков, Ю.А. Петренко, И.Г. Сахно // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2013. – №2. – С. 263-269.

Надійшла до редакції 16.04.2014

І.Г. Сахно, О.О. Исаенков, Д.А.Чепіга

СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДОШВИ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В ЗОНІ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ

У статті визначено актуальність проблеми боротьби зі зсіданням при підтримці виробок в зоні опорного тиску. Показано, що структурна будова порід підосви в зоні опорного тиску і механізм розвитку зсувів в підосві виробки необхідно враховувати при розробці способів боротьби з ними. Запропоновано спосіб забезпечення стійкості підосви гірничих виробок. Описано механізм роботи запропонованого способу.

Ключові слова: гірничі виробки, зсідання підосви, навантаження, зона стиску, деформація

I.G. Sahnо, A.A. Isaenkov, D.A. Shepiga

METHOD OF STABILITY OF SOIL MINING WITHIN THE LONGWALL

The article defines the urgency of counteraction heaving while maintaining the workings in the area of the reference pressure. It is shown that the structural composition of the rocks in the area of soil bearing pressure and the mechanism of displacement in the soil production must be considered when developing ways to deal with them. Provides a method for ensuring the sustainability of soil mining. Described the mechanism of the proposed method.

Keywords: roadway, heaving soil, load, zone compression, deformation