

**УДК 622.833**

*д.т.н. Клишин Н.К.,  
к.т.н. Склепович К.З.,  
к.т.н. Касьян С.И.,  
Пронь П.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Викладені результати дослідження впливу кріплення підсилення на зменшення здимання підошви, на основі яких розроблена система «підошва-анкери-шпалы-рейки» для запобігання здимання підошви.*

**Ключові слова:** підготовчча виробка, здимання, кріплення підсилення, чисельне моделювання.

*Изложены результаты исследования влияния крепи усиления на уменьшение пучения почвы, на основе которых разработана система «почва-анкеры-шпалы-рельсы» для предотвращения пучения почвы.*

**Ключевые слова:** подготовительная выработка, пучение, крепь усиления, численное моделирование.

Поддержание подготовительных выработок является вспомогательным, трудоёмким, но необходимым процессом для обеспечения их устойчивости. На шахтах Украины по данным ДонУГИ этими работами занято 32 тысячи человек; трудоёмкость составляет 80-85 чел.-см. на 1000 тонн добычи угля [1]. Потеря устойчивости выработок происходит в 70% случаев от пучения почвы, последствия которого ликвидируют в основном вручную.

Изучению пучения почв в подготовительных выработках посвящено большое количество научных работ, разработаны десятки способов уменьшения или предотвращения пучения путём локального воздействия на массив, которые, однако, практически не применяются на производстве. Сложно объяснить этот факт, выделить основные причины этого: недостаточная эффективность, большие затраты, сложные технологии и оборудование, установившиеся традиции, социальный фактор.

Для производства актуально создание простого технологичного способа с малыми затратами на предотвращение пучения. На основе механического воздействия на почву известны предложения применять:

крепь усиления [2], канаты поперёк выработки [3], анкеры в почве, соединённые швеллерными балками [4] или упругими элементами [5] для механического воздействия на почву. Недостатки рассмотренных выше способов: большие затраты на материалы и выполнение работ по анкерованию почвы; загромождение сечения выработки дополнительной крепью. Установлено положительное влияние нагрузки от веса стоящего на рельсах энергопоезда на уменьшение величины и изменение геометрической формы контура выработки [3, 6]. В связи с этим несмотря на то, что основная функция крепи усиления увеличить реакцию рамной крепи, уменьшить опускание кровли, возможно применить её для уменьшения пучения почвы.

В статье предложен новый способ предотвращения пучения почвы в выработках на основе механического воздействия на почву через шпалы и рельсы рельсового пути.

Объект исследования – пучение почвы в подготовительных выработках.

Предмет исследования – способы предотвращения пучения почвы в подготовительных выработках.

Цель – разработать способ механического воздействия на почву для предотвращения её пучения в подготовительных выработках.

Первоначально были проанализированы 47 патентов на способы предотвращения пучения почвы выработок. В 23 из них предусмотрена разгрузка массива горных пород вокруг выработок, в 8 патентах – упрочнение пород и в 16 – комбинированное воздействие на массив. Для сравнения были отобраны пять патентов, в которых обоснованы следующие воздействия на массив:

- 1) взрывание камуфлетного заряда в почве;
- 2) щель в почве выработки;
- 3) щель по угольному пласту в боках выработки;
- 4) анкерование почвы;
- 5) силовое воздействие на почву крепью усиления.

В шестом (контрольном) варианте воздействие на массив не предусмотрено. В патентном поиске и расчётах напряжённо-деформированного состояния массива вокруг выработок методом конечных элементов принимал участие магистрант Кладько Д.В.

Объёмная модель массива горных пород для численного моделирования имела размеры: высота 1143 м, длина 60 м, ширина 500 м. Она включала: подготовительную выработку трапециевидного сечения высотой 2,5 м, шириной по почве 5 м, проведённую без подрывки кровли; лаву длиной 250 м; массив с другой стороны выработки размером 245 м. Мощность пласта 1,0 м, глубина разработки 993 м. Непосредственная кровля представлена алевролитом. В непосредственной почве залегает

слой алевролита мощностью 1,0 м, ниже которого – аргиллит мощностью 3,5 м, и ниже песчаник. Для расчётов применялся программный комплекс «Лира 9.2».

На рисунке 1 приведены диаграммы относительных поднятий почвы и горизонтальных напряжений в поперечном сечении выработки для сравниваемых вариантов впереди лавы вне зоны её влияния.

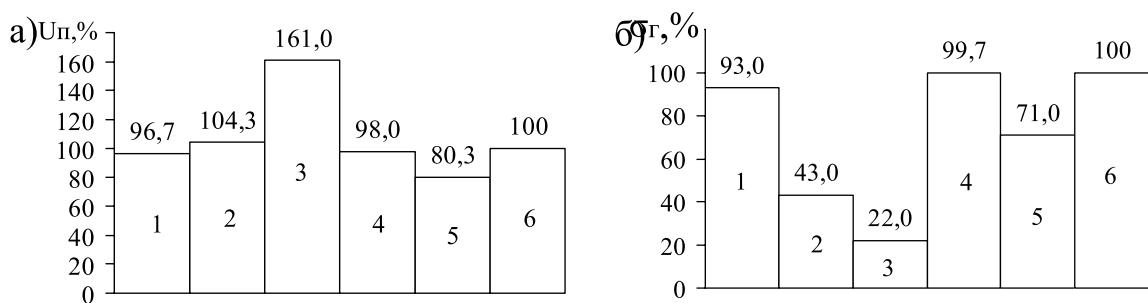


Рисунок 1 – Относительные величины пучения почвы (а), горизонтальных напряжений (б) в поперечном сечении выработки для способов 1...6

Наибольшее пучение и наименьшие горизонтальные напряжения в почве для 3 способа – образование щели по угльному пласту. Аналогичные результаты приведены в работе [7]. Наименьшее пучение и меньшие напряжения по сравнению с базовым вариантом получены при силовом воздействии на почву (вариант 5). Эти результаты послужили основанием для более глубокого изучения силового воздействия на почву выработок методом конечных элементов, для чего составлена новая модель.

Размеры модели: высота 914 м; длина по простиранию – 650 м, по падению – 408 м. Модель включает откаточный и вентиляционный штреки, лаву длиной 200 м, ниже массив угля, выше вентиляционного штрека выработанное пространство соседней лавы.

Горно-геологические условия: мощность угольного пласта 1,25 м; непосредственная кровля представлена аргиллитом мощностью 5,75 м; в почве – аргиллит мощностью 0,75 м, затем слой алевролита – 1,4 м, ниже которого песчаник. Горнотехнические условия: арочная форма сечения выработки; высота 3,0 м, ширина 4,0 м. В качестве крепи усиления откаточного штрека применяются гидравлические стойки или стойки трения, которые установлены на концах лежней на расстояниях от 0,7 до 2,8 м вдоль выработки кратно 0,7 м.

Напряжённо-деформированное состояние массива пород в окрестности откаточного штрека исследовано на выделенной из общей модели части, размеры которой: высота 914 м, ширина 134 м, длина 650 м; узлам заданы перемещения, полученные при решении задачи для общей модели.

На рисунке 2 показано изменение величин поднятия почвы вдоль выработки в зависимости от расстояния между гидравлическими стойками крепи усиления с номинальным сопротивлением 0,35 МН. Пучение почвы приведено для середины выработки: наибольшее её значение для базового варианта и меньшее при применении крепи усиления, особенно при минимальном шаге ее установки (0,7 м). Наблюдается сложный характер взаимодействия стоек и почвы в зоне наибольших напряжений в массиве пород перед лавой.

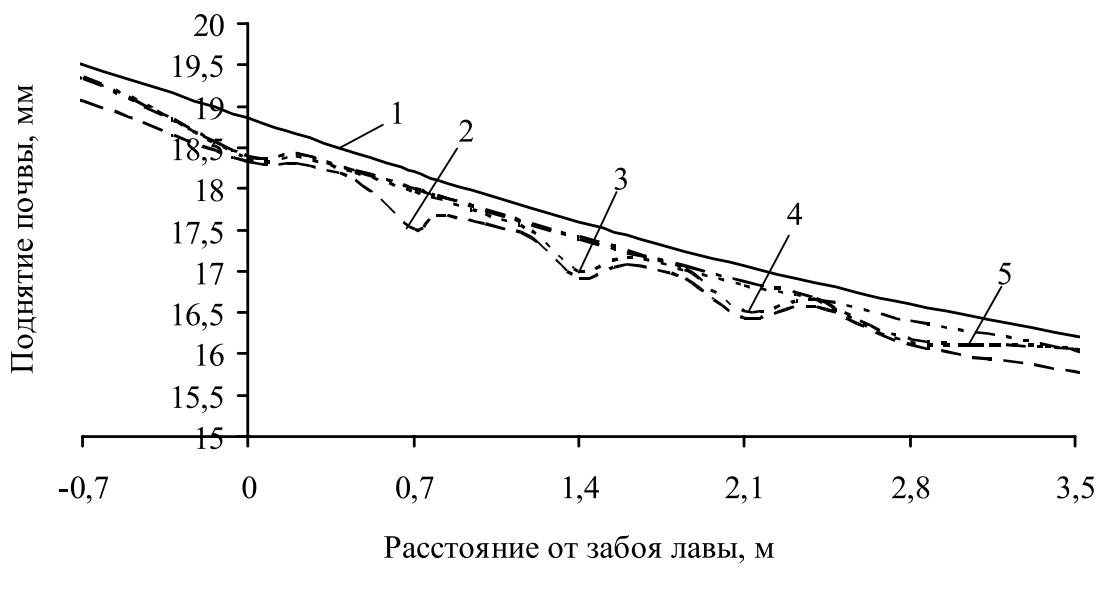
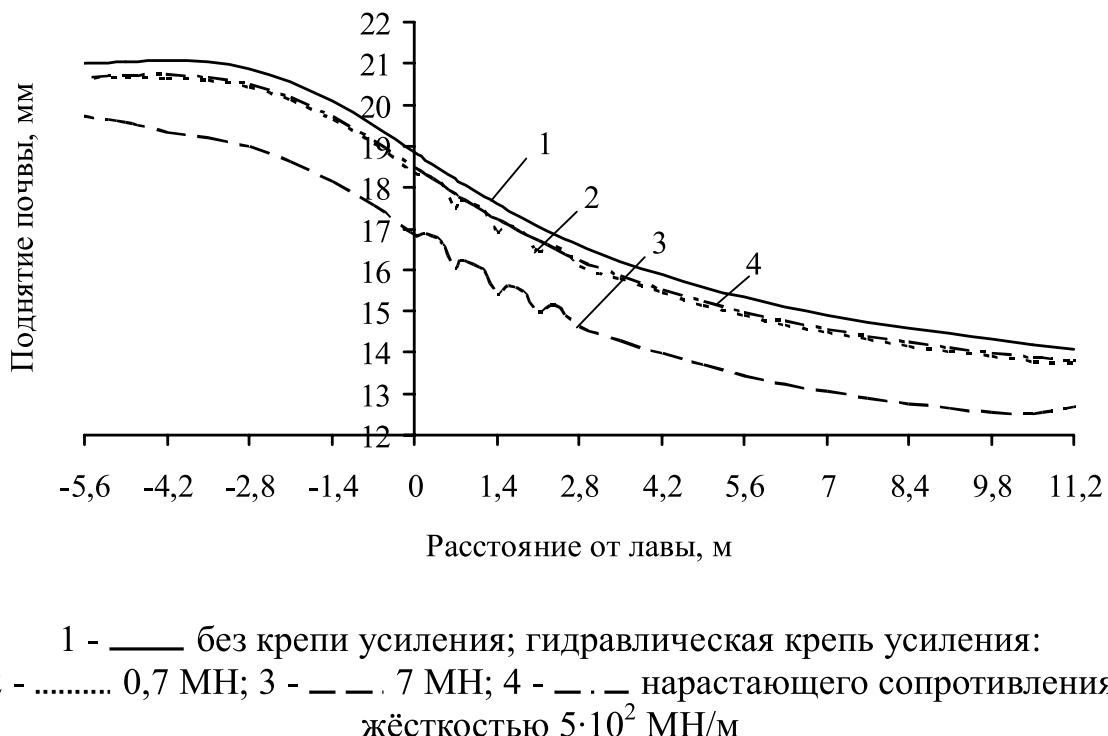


Рисунок 2 – Поднятия почвы вдоль выработки

На рисунке 3 кривые 1 и 2 соответствуют пучению почвы для базового варианта и применении крепи усиления, установленной через 0,7 м вдоль выработки, а кривая 3 характеризует зависимость пучения почвы при максимально возможной реакции крепи усиления (7,0 МН), состоящей из двух гидравлических стоек современных механизированных крепей. Описание опыта применение такой крепи приведен в статье [8]. Кривая 4 характерна для воздействия на почву стоек нарастающего сопротивления, жесткость которых  $5 \cdot 10^2$  МН/м. В отличие от гидравлических стоек реакция крепи нарастающего сопротивления зависит от

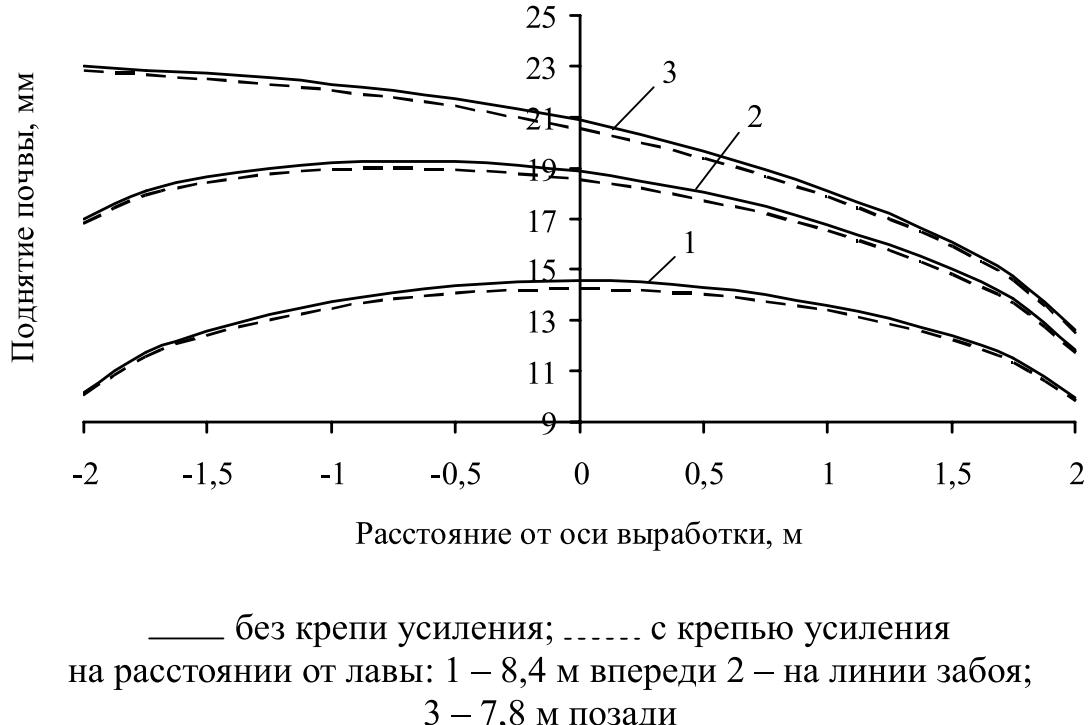
пучения почвы, которое неравномерно по сечению выработки, что показано на рисунке 4.



1 - — без крепи усиления; гидравлическая крепь усиления:

2 - ..... 0,7 МН; 3 - - - 7 МН; 4 - - . - нарастающего сопротивления жёсткостью  $5 \cdot 10^2$  МН/м

Рисунок 3 – Поднятие почвы вдоль выработки в зависимости от расстояния до очистного забоя и величины сопротивления крепи



— без крепи усиления; - - - с крепью усиления на расстоянии от лавы: 1 – 8,4 м впереди 2 – на линии забоя;

3 – 7,8 м позади

Рисунок 4 – Пучение почвы по ширине выработки

На рисунке 4 показаны кривые поднятия почвы по ширине выработки, которые симметричны только впереди лавы (кривая 1) и больше в 1,4 раза со стороны выработанного пространства (кривая 2) на линии очистного забоя, и в 1,9 раза за лавой (кривая 3). Эту неравномерность необходимо учитывать при определении параметров силового воздействия на почву.

Таким образом, установлено: влияние крепи усиления на уменьшение пучения почвы даже на стадии упругого деформирования; значительное влияние величины реакции крепи; неравномерное поднятие почвы и увеличение в связи с этим реакции крепи нарастающего сопротивления со стороны выработанного пространства.

Конечно, крепи усиления с максимальными реакциями, если и необходимы, то для усиления рамной крепи. Силовое воздействие на почву предусматривается создать иным способом, средствами.

Результаты выполненных исследований влияния силового воздействия крепи усиления в широком диапазоне их параметров на пучение почвы послужили основой для разработки способа предотвращения поднятия почвы горных выработок [9] и устройства для его осуществления [10] путем создания системы «почва-анкеры-шпалы-рельсы», при котором затраты на материалы и работы на его осуществление в 2 – 4 раза меньше.

Направления дальнейших исследований – геомеханическое обоснование параметров способа, средств силового воздействия на почву для предотвращения ее пучения в выработках, установления области и эффективности применения.

### **Библиографический список**

1. Байсаров Л.В., Ильяшов М.А., Демченко А.И. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых горных выработок. Днепропетровск: ЧП «Лира ЛТД», 2005. – 240 с.
2. Зборицук М.П., Ильяшов М.А. Пути уменьшения выдавливания пород почвы в участковых выработок // Уголь Украины. – 2008. – №11. – С. 13-17.
3. Негрей С.Г. О возможности предотвращения повторного пучения пород почвы горных выработок после их подрывки // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2005. - №2. – С. 65-68.
4. Сребный И.И. Новые виды шахтной крепи. Справочник. Часть I / И.И. Сребный, В.Е. Кореневский. – М. Углехиздат, 1956. – 504 с.
5. Способ и устройство для крепления грунта. Патент США 4632605, т. 1073, №5 МКП<sup>4</sup> E21D 20/00. Опубл. 86.12.30. Изобретения стран мира, сб. 53, №20.

6. Литвинский Г.Г., Фесенко Э.В. Устойчивость слоистой почвы штреков // Сб. научн. трудов ДГМИ. – Алчевск: ДГМИ, вып. 17. – С. 67-75.
7. Баймурьдин М.К., Халяфутдинов М.Р., Паматин Д.П. Механизм защитного действия вертикальных разгрузочных щелей // Сб. «Вопросы крепления и поддержания горных выработок в сложных горно-геологических условиях». – Караганда, 1986. – С. 45-51.
8. Андреев А.А. Печорская технология подземной угледобычи // Уголь. – 2001. - №1. – С. 9-11.
9. Патент 43794 Украина, МПК (2009) E21Д 21/00 Спосіб запобігання випиранню підошви гірничих виробок / Клішин М.К., Склепович К.З., Касьян С.І., Кізіяров О.Л. (Україна) Донбас. держ. техн. ун-т. - №U200904851, заявл. 18.05.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. №16.
10. Патент 46391 Украина, МПК (2009) E21Д 21/00 Анкерне кріплення підошви гірничих виробок / Клішин М.К., Склепович К.З., Касьян С.І., Кізіяров О.Л. (Україна) Донбас. держ. техн. ун-т. - №U200904803, заявл. 18.05.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. №24.