

УДК 622.831

Исаченко А.А. (г. Новокузнецк)
Петрова Т.В. (г. Новокузнецк)

Isachenko A.A. (Novokuznetsk)
Petrova T.V. (Novokuznetsk)

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
ПУЧЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
ПРИ ОТРАБОТКЕ СВИТЫ ВЕСЬМА СБЛИЖЕННЫХ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF WAYS TO PREVENT
GROUND ROCKS HEAVING OF COAL HEADINGS WHILE DEVEL-
OPMENT OF SERIE OF EXCESSIVE CONTIGUOUS COAL SEAMS**

При добыче угля подземным способом в условиях Кузнецкого угольного бассейна часто происходят деформации вмещающих пород в виде их пучения внутрь выработок, в том числе подготовительных. Это явление оказывает негативное влияние на состояние выработок, ограничивает или совсем устраняет возможность их использования. Поэтому предприятия вынуждены проводить затратные мероприятия по предупреждению и/или ликвидации проявлений пучения почвы.

Многолетние наблюдения процесса пучения в горных выработках различных месторождений показали, что его интенсивность определяется большим количеством горно-геологических и технологических факторов, основным из которых является горное давление.

В настоящее время применяются разные способы борьбы с пучением для различных горно-геологических условий и технологических решений. При этом было доказано, что наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. В качестве способов разгрузки предлагаются: проведение разгрузочных выработок, создание различного рода щелей и скважин, взрывание пород с образованием в почве зон дробления и т.п. Данные решения характеризуются весьма сложной технологией работ, большой трудоемкостью и стоимостью.

Современные способы предотвращения и устранения пучения пород почвы подразделяются на две группы. Первая – это способы по предотвращению пучения или снижения его проявлений, вторая - меры по ликвидации последствий пучения. В качестве мер по ликвидации пучения применяют поддир почвы без перекрепления выработки и поддир с заменой

крепи, которые зачастую в зависимости от интенсивности проявления горного давления и срока службы выработки приходится осуществлять неоднократно. При невозможности или безрезультативности названных мер проводят новую выработку, с тем же функциональным назначением. Проведение этих мероприятий влечет за собой гораздо большие временные, материальные, трудовые затраты, чем мероприятия по разгрузке массива. Поэтому изучение проявлений пучения, разработка новых решений по недопущению интенсивного пучения является актуальной задачей, решением которой занимаются как ученые, так и работники угольных шахт.

Объектом исследования представленной работы определены процессы пучения горных пород под влиянием взаимодействующих техногенных и природных напряжений в окрестности подготовительных выработок на весьма сближенных угольных пластах 1 и 2 одной из шахт Кузнецкого угольного бассейна (далее Шахта).

Цель работы – обоснование рекомендации для предотвращения пучения почвы в горных выработках при подготовке и отработке выемочных участков пласта 2.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1) произведена экспертная оценка пространственно-временного расположения подготовительных выработок при трех и двух штрековых схемах подготовки и отработки выемочных участков на сближенных пластах;

2) разработана методика исследований и адаптации пакета компьютерных программ [1] к горно-геологическим и горнотехническим условиям сближенных пластов при подготовке и отработке выемочных участков;

3) проведены расчеты методом численного моделирования геомеханических процессов в углепородном массиве в окрестности подготовительных выработок при разной мощности междупластья весьма сближенных пластов;

4) проведен сравнительный анализ предложенных мероприятий по снижению интенсивности пучения пород почвы и повышению устойчивости выработок при подготовке и отработке выемочных участков в условиях;

5) обоснованы рекомендации для обеспечения устойчивости подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ на весьма сближенных пластах 1 и 2 Шахты.

Методы исследований: визуальные наблюдения, натурные инструментальные измерения в условиях угольной шахты, математическое моделирование численными методами механики горных пород, анализ и обобщение информации, содержащейся в научной литературе, обобщение результатов исследований.

Результаты исследований: рекомендации по снижению интенсивности пучения пород почвы выработок при изменении мощности междупластья в условиях весьма сближенных пластов.

В качестве исходных данных использованы план горных выработок по пласту 2, литологические колонки, паспорта проведения и крепления подготовительных выработок.

Для настройки входных параметров модели использованы результаты шахтных наблюдений. Геометрическая модель представлена в виде вертикального разреза, перпендикулярного осям вентиляционных и конвейерных штреков. Начало координат условной системы координат принято на пересечении кровли пласта 2 и левого бока исследуемой выработки: вентиляционного или конвейерного штрека.

Длина геометрической модели по падению пластов принята 1400 м, максимальная рассматриваемая глубина залегания пласта 2 - 411 м. Размеры модели по простиранию приняты с учётом возможности определения влияния очистного выработанного пространства выемочных столбов 2-2, 2-4 и 2-5 на напряжённо-деформированное состояние пород в окрестности подготовительных выработок.

Для выполнения работы по прогнозу зон интенсивности пучения пород почвы проведена оценка соответствия результатов расчета по разработанному алгоритму численного моделирования фактическому состоянию подготовительных выработок вне и в зоне влияния очистных работ в условиях отработки выемочного участка 2-3 Шахты.

Для тестирования расчетного алгоритма проведено моделирование напряжённо-деформированного состояния углепородного массива в окрестности подготовительных выработок очистных участков пласта 2. В ходе тестирования проведены исследования влияния природных и техногенных параметров на изменение формы и размеров штреков при варьировании мощности пород между пластами 2 и 1 в интервале 0,5; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 и 5,0 м.

Установлено, что на участках с меньшей мощностью пород междупластья площадь зоны разрушенных пород увеличивается, что соответствует графикам, полученным по результатам шахтных измерений (рисунок 1).

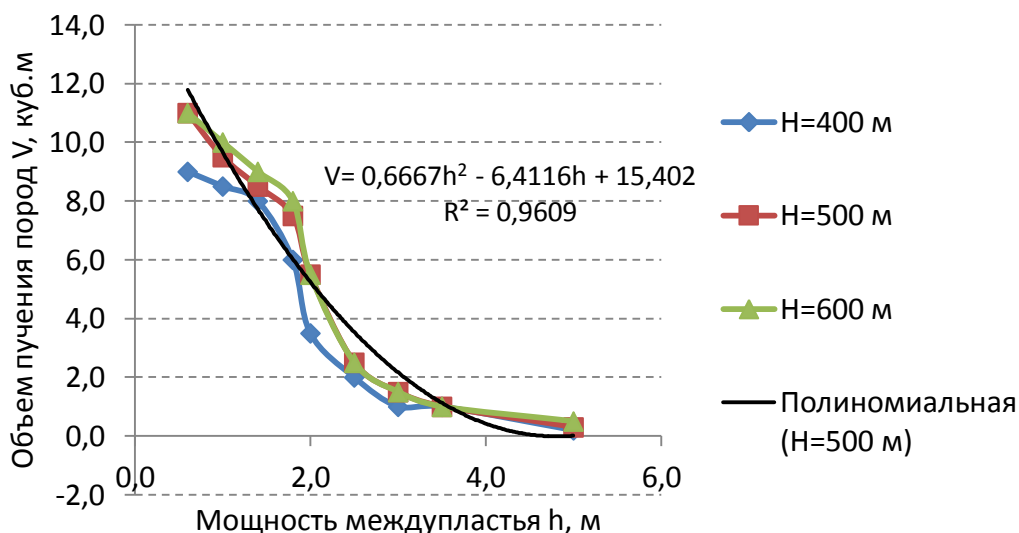


Рисунок 1 – Графики зависимости объема пучения пород от мощности пород между весьма сближенными пластами

Для типизации условий расположения штреков в зонах с изменчивой мощностью пород между пластами 2 и 1 по результатам численного моделирования с учётом результатов шахтных измерений выделены следующие признаки деформирования и состояния пород:

- интенсивного пучения вне зоны влияния очистного выработанного пространства при мощности пород между пластами до 0,6 м;
- интенсивного пучения в зоне влияния очистного выработанного пространства при мощности пород между пластами 0,8–1,8 м;
- среднеинтенсивного пучения в зоне влияния очистного выработанного пространства при мощности пород между пластами 2,0–2,8 м;
- вероятного пучения в зоне влияния очистного выработанного пространства при мощности пород между пластами более 3,0 м.

Затем с использованием результатов шахтных измерений и численного моделирования проведена оценка эффективности способов предотвращения пучения пород почвы штреков при отработке свиты весьма сближенных угольных пластов с изменчивыми природными условиями. Изучалось влияние на напряжённо-деформированное состояние пород в окрестности выработок способов разгрузки с помощью щелей и стратификации зависящих пород толщи посредством их гидроразрыва [2-4].

В процессе исследований рассмотрены ситуации проведения щелевой разгрузки с различными параметрами и местоположением относительно элементов выработки (щелевая разгрузка в боках выработки по углю, в почве и в кровле). По результатам моделирования установлено (рисунок 2), что создание дополнительных свободных полостей различной конфигу-

рации и параметров в окрестности выработки создает эффект увеличения площади поперечного сечения выработки и, как следствие, приводит к снижению устойчивости боковых пород, то есть требуется возведение дополнительно крепи усиления.

одна щель по центру выработки

две щели на расстоянии 0,5 м от боков

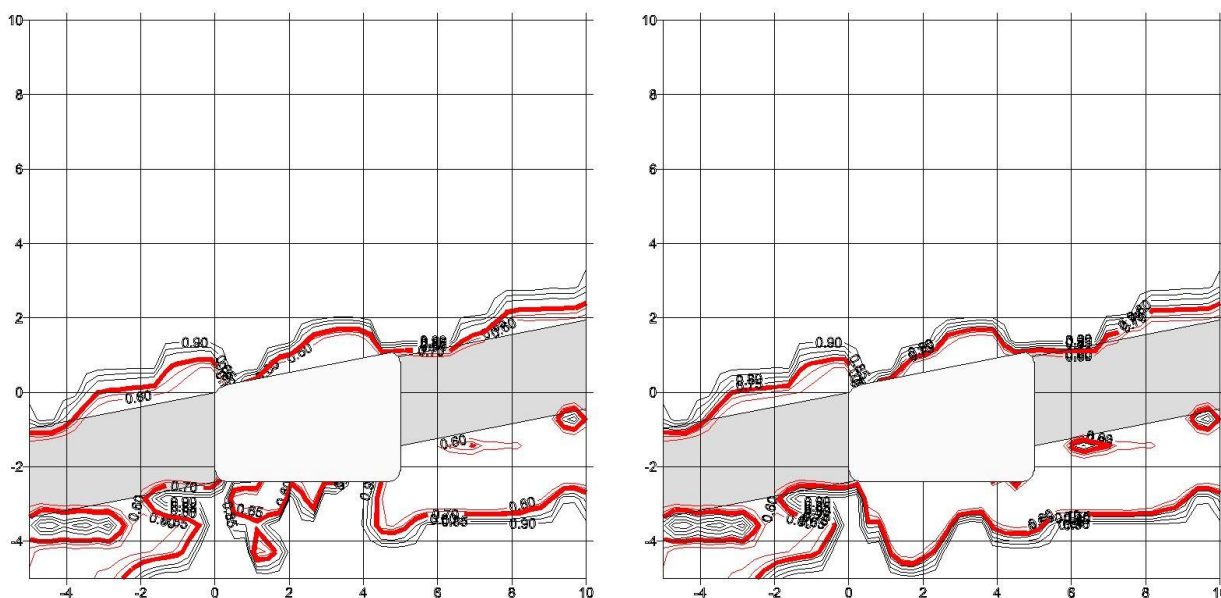


Рисунок 2 - Изменение зон распределения остаточной прочности пород в окрестности параллельного штрека в зоне влияния очистных работ при проведении щелевой разгрузки в почве выработки

Наибольший эффект снижения пучения пород почвы достигается при комбинированном паспорте создания свободных полостей щелеобразованием (щели в боках и почве выработки). Максимальное снижение интенсивности пучения составляет не более 12 % и существенно зависит от мощности пород междупластья.

В таблице представлены ожидаемые результаты изменения вертикальных напряжений после щелевой разгрузки на контуре параллельного штрека при отработке вышележащего выемочного участка с шириной целика 30 м.

Таблица - Изменения вертикальных напряжений после щелевой разгрузки в параллельного штрека при отработке вышележащего выемочного участка с шириной целика 30 м

Место заложения щели относительно контура выработки	Изменение напряжений в боках выработки	Изменение напряжений в почве выработки
Щели в ближнем к цели-	Рост 20 %	Рост 12 %

ку боку		
Щели в почве	Нет изменений	Рост 15 %
Щели в кровле	Рост 15 %	Снижение 10 %
Комбинирование (все бока, кровля, почва)	Рост 15 %	Рост 20 %
Комбинирование (бок и почва)	Рост 12 %	Рост 20 %
Комбинирование (бок и кровля)	Рост 15 %	Снижение 20 %
Эффект от свободной полости сверху и сбоку	Снижение 15 %	Без изменений
Эффект от свободной полости снизу и сбоку	Рост 15 %	Снижение 35 %

Также проведено моделирование напряжённо-деформированного состояния угля и пород в окрестности выработки при формировании разгрузочной полости в труднообрушаемой кровле посредством гидроразрыва по схеме, изложенной в работе. Максимальный эффект снижения объёма вспученных пород до 22 % достигается при создании полости на расстоянии 4 м от контура выработки в почве под углом 30 - 50 градусов к горизонтали.

В целом оба способа, то есть щелевая разгрузка или гидроразрыв пород кровли, не обеспечивают существенное снижение объёма пучения пород почвы. Поэтому в качестве основного технологического решения предлагается проведение поддира пород и зачистка почвы выработки. Для реализации этой рекомендации разработана технология ремонта выработок, которая включает выполнение следующих операций:

- зачистка почвы выработки с погрузкой породы на транспортное оборудование (скребковый или ленточный конвейер);
- оборка боков, установка дополнительной крепи;
- поддирка и зачистка почвы с помощью почвоподдирочной машины.

Для ремонта выработка условно делится на участки длиной до 100 м. На первом этапе почвоподдирочной машиной зачищается почва ходового отделения выработки с отгрузкой горной массы существующую транспортную цепочку. Производится восстановление крепи горной выработки. На втором этапе существующая транспортная линия перемонтируется и производится зачистка выработки с отгрузкой горной массы на вновь смонтированную транспортную цепочку.

Состояние выработки до ремонта приведено на рисунке 3, после ремонта на рисунке - 4.

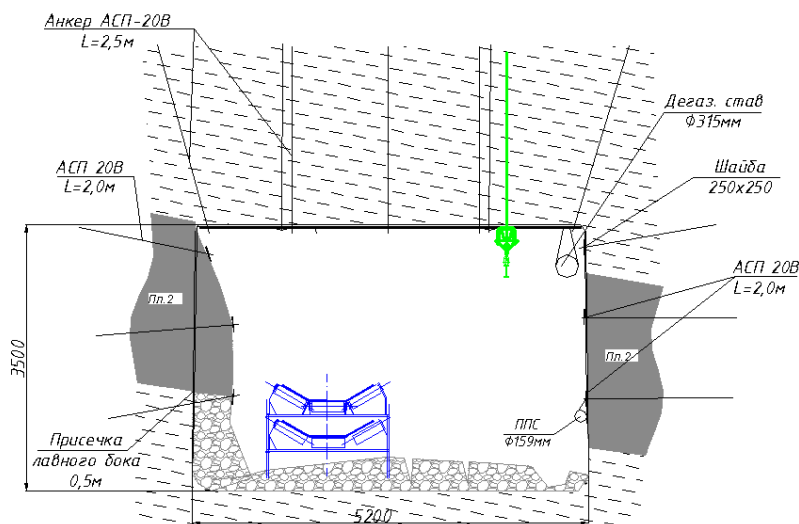


Рисунок 3 – Состояние выработки до ремонта

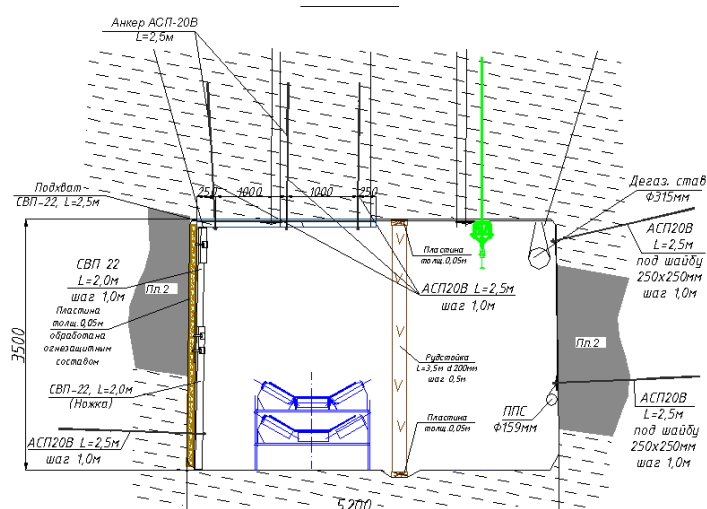


Рисунок 4 – Состояние выработки после ремонта

Не смотря на то, что применение разработанной технологической схемы поддирки и зачистки пород почвы штреков вносит дополнительные виды работ в выемочном участке, их реализация обеспечивает устойчивую работу очистного забоя, особенно при многострековой подготовке, когда можно использовать параллельные выработки во время ремонта одной из них. После восстановительных работ выработка находится в эксплуатации более шести месяцев в безаварийном состоянии.

Таким образом, практика подтверждает, что в настоящее время с современным уровнем развития горной науки в горно-геологических условиях работы шахт Кузбасса наиболее эффективным способом борьбы с пучением почвы в горных выработках является поддир почвы выработки.

Список литературы

1. Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве: свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 21123, дата регистрации 03 августа 2015 года. / В.Н. Фрянов, О.А. Петрова, Т.В. Петрова // ХРОНИКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ФОНДА ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ» № 08-09 (75-76) август-сентябрь 2015. Режим доступа: <http://ofernio.ru/portal/newspaper05.php>
2. Нацаренус, П.А. Исследование, прогноз и борьба с пучением почвы подготовительных выработок / П.А. Нацаренус, И.И. Кайдо, А.Н. Златицкий // Уголь. – 1985. - №4. – С. 59-60.
3. Кузьмин С.В. Поиск перспективных способов борьбы с пучением пород почвы в горных выработках шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» / С.В. Кузьмин, И.А. Сальвассер // Маркшейдерский вестник. – 2014. – № 3. – С. 39-43.
4. Опыт направленного гидроразрыва основной кровли при выводе механизированного комплекса из монтажной камеры / В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук, А.В. Сентюрёв, А.В. Николаев // Уголь. – 2015. - № 11. – С. 12-16.