

**УДК 622.016.4.001.55**

Ю.М. Халимендик, заведующий кафедрой маркшейдерии  
(ГВУЗ «Национальный горный университет»),

В.Ф. Панибратченко, генеральный директор  
(ООО «ДТЭК Добропольеуголь»),

Р.Н. Терещук, доцент кафедры строительства и геомеханики  
(ГВУЗ «Национальный горный университет»),

Е.А. Колесниченко, генеральный директор  
(ОДО «Шахта Белозерская»),

А.Е. Григорьев, ассистент кафедры строительства и геомеханики  
(ГВУЗ «Национальный горный университет»)

## **ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК**

Наведена методика виконання шахтних досліджень. Наведені результати візуальних та інструментальних шахтних досліджень стану похилих виробок ТДВ «Шахта Білозерська». Виявлено основні види деформацій приконтурного масиву та кріплення. Отримані залежності стійкості похилих виробок за глибиною. Виконано аналіз отриманих залежностей.

## **MINING RESEARCH OF STATE OF INCLINED WORKINGS**

A method for the implementation of mining research is shown. These results of visual and instrumental study of the state of inclined workings of mining company "Mine Belozerskaya" are given. The basic types of deformations of the surrounding array and roof supports are defined. The resulting dependence of the stability of inclined workings on depth are achieved. The analysis of the obtained dependences is done.

**Введение.** Увеличение глубины разработки пластовых полезных ископаемых и соответственно рост горного давления требует разработки принципиально новых подходов к обеспечению устойчивого состояния подземных горных выработок.

Наблюдениями за изменением состояния наклонных выработок ОДО «Шахта Белозерская» во время эксплуатации установлена неадекватность проявления горного давления при различных видах крепи и способах их поддержания.

В связи с этим более детальные натурные исследования вышеуказанного факта и обоснование способа повышения устойчивости наклонных выработок за счет выбора рационального вида крепи и способов их поддержания является актуальной задачей.

**Цель работы** – изучить закономерности деформирования породного массива в окрестности наклонных выработок и определить их показатель устойчивости от глубины.

**Материалы и результаты исследований.** Анализ результатов изучения горно-геологических и горнотехнических условий разработки ОДО «Шахта Белозерская» позволил выбрать объект исследований: зона отработки шахтного поля вокруг уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м.

I. Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м.

Способ проведения согласно паспорту проведения и крепления – комбайновый, сверху-вниз. Выработка проведена по угольному пласту мощностью  $m=2,16$  м с подрывкой кровли и почвы, породы которых представлены аргиллитами.

Угол наклона – 10...13 град. Применяемая крепь КМПАЗК-13,4 (площадь сечения в свету  $S_{св}=13,4$  м<sup>2</sup>,  $S_{вч}=15,07$  м<sup>2</sup>). Шаг установки рам крепи – 0,5 м. Тип применяемой затяжки – железобетонная. Длина пикета – 20 м.

На участках перекрепления шаг установки рам крепи – 0,8 м при деревянной затяжке.

II. Уклон №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м.

Способ проведения согласно паспорту проведения и крепления – комбайновый, снизу-вверх. Выработка проведена по угольному пласту мощностью  $m=2,14$  м с подрывкой кровли и почвы, породы которых представлены аргиллитами.

Угол наклона – 10...13 град. Применяемая крепь КМПАЗК-13,4 (площадь сечения в свету  $S_{св}=13,4$  м<sup>2</sup>,  $S_{вч}=15,07$  м<sup>2</sup>). Шаг установки рам крепи – 0,5 м. Тип применяемой затяжки – железобетонная. Длина пикета – 20 м.

На участках перекрепления шаг установки рам крепи – 0,8 м при деревянной затяжке.

III. Северный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м.

Способ проведения согласно паспорту проведения и крепления – комбайновый, снизу-вверх. Выработка проведена по угольному пласту мощностью  $m=2,08$  м с подрывкой кровли и почвы, породы которых представлены аргиллитами.

Угол наклона – 10...13 град. Применяемая крепь АП-13,8 (площадь сечения в свету  $S_{св}=12,8$  м<sup>2</sup>,  $S_{вч}=15,9$  м<sup>2</sup>). Шаг установки рам крепи – 0,5 м. Тип применяемой затяжки – железобетонная. Длина пикета – 20 м.

На участках перекрепления шаг установки рам крепи – 0,8 м при деревянной затяжке.

Обследование выработок предполагает:

- визуальные наблюдения за деформациями горных пород и элементов крепи;
- осуществление измерений, не требующих специального приборного оснащения;
- выполнение зарисовок;
- фотографирование.

Непосредственно обследованию предшествует сбор информации о выработке:

- 1) наименование выработки;
- 2) длина выработки, площадь сечения;
- 3) глубина расположения выработки (для наклонных – устье...забой);
- 4) крепь по паспорту (типоразмер; вид крепи; шаг установки; вид затяжки);
- 5) выкопировка из плана горных работ с местоположением выработки.

Непосредственно в выработке выполняется попикетное обследование, которое включает следующие пункты.

1. Общее состояние выработки на пикете.

a. Общая качественная оценка состояния выработки в пикете;

b. Общее количество рам на пикет / количество деформированных рам на пикет.

К рамам в неудовлетворительном состоянии относятся те, где отслеживаются следующие дефекты:

– значительные деформации верхняка;

– деформации стоек, сведение стоек внутрь выработки;

– деформации или разрыв замков, срыв гаек на замках;

– значительные деформации затяжек;

– разрушение затяжек;

– просадка верхняка в замках свыше паспортного значения;

– разрывы тела верхняков и стоек.

2. Проявления горного давления на пикете.

a. Наиболее характерные смещения, их величина (вертикальная и горизонтальная конвергенция) – при визуально наблюдаемых проявлениях, нарушенной крепи;

b. Наличие, характер и величина пучения пород почвы;

c. Наличие, количество и величина подрывок, когда проводились от момента обследования;

d. Наличие и количество перекрепок, чем перекреплялось, когда проводились от момента обследования;

e. Характерное поведение пород в обнажениях (распадается на блоки (размер), системы трещин, осыпания, обрушения, опускания и т.п.).

3. Состояние рамной крепи.

a. Состояние элементов рам (верхняки, стойки), характерные виды деформаций, степень просадки в замках;

b. Наличие нужного количества замков, их состояние;

c. Качество установки рам – контакт с породным контуром; расклинка; забутовка; наличие расстрелов;

d. Наличие и величина пустот (зазоров) между рамой и породным контуром;

e. Состояние и характер деформирования затяжек.

**Оценка состояния протяженных выработок по показателю устойчивости  $\omega$ .**

Основным параметром, определяющим состояние выработки в произвольном сечении, полагается отношение несущей способности крепи к действующей нагрузке – коэффициент устойчивости  $K_y$ . В каждый конкретный момент времени в выработке по длине можно выделить участки двух типов.

К первому типу относятся такие, в пределах которых  $K_y$  больше единицы. Здесь устойчивость выработки на данный момент можно считать обеспеченной.

Второй тип – это участки, на которых действующая нагрузка превышает предельно допустимую величину ( $K_y < 1$ ). Устойчивость выработки здесь не обеспечивается, в пределах участка могут иметь место разрушения крепи и путевого хозяйства разной степени. Распределение коэффициента  $K_y$  по длине выработки носит случайный характер. Схематически зависимость  $K_y$  от продольной координаты  $S$  представлена на рисунке 1.

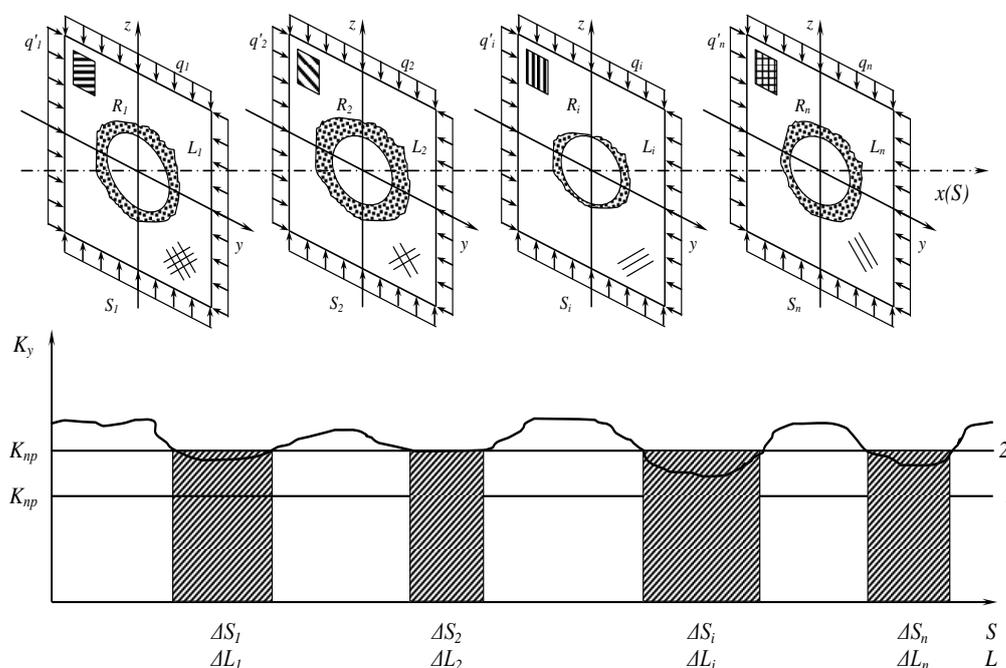


Рис. 1 – Стохастическая модель протяженной горной выработки

Заштрихованные участки соответствуют значениям  $K_y < 1$ , они требуют выполнения ремонтных работ. Отношение суммарной длины не требующих ремонта участков  $\bar{S}$  к полной длине выработки  $S$  – параметр, характеризующий в интегральном смысле состояние выработки в целом:

$$\omega = \frac{\bar{S}}{S},$$

называемый показателем устойчивости.

При выполнении обследования выработки на участках, длина которых равна длине пикета, показатель устойчивости имеет вид:

$$\omega = \frac{\sum n - \sum n_{K_y < 1}}{\sum n},$$

где  $\sum n$  – суммарное количество рам на пикете, шт;  $\sum n_{K_y < 1}$  – суммарное коли-

чество деформированных рам на пикете, шт.

Величина  $\omega$  изменяется в пределах от 0 до 1. Выработка обладает полной устойчивостью при  $\omega = 1$  или полностью разрушена при  $\omega = 0$ .

Длительная устойчивость протяженной выработки зависит от множества факторов, каждый из которых в конкретных условиях эксплуатации вносит определенный вклад. Тем не менее, в целом ряде случаев можно оценивать состояние выработки по какому-либо одному, комплексному параметру.

Таким комплексным, интегральным показателем, который характеризует воздействие внешних факторов на поведение системы «вмещающий массив-обнажение-крепь», может служить смещение контура выработки.

Как отмечается в [1, 2], абсолютная величина смещений на контуре определяет параметры крепи, нагрузку и развитие зоны неупругих деформаций. Кроме того, интенсивность смещений контура указывает на характер проявления горного давления во времени в зависимости от различных факторов.

По мере развития деформационных процессов вокруг выработки, развивающиеся смещения приводят к деформациям крепи. В силу того, что коэффициент устойчивости вдоль выработки  $K_y$  носит случайный характер, в определенных сечениях выработки его величина будет снижаться, вызывать разрушение элементов крепи ( $K_y < 1$ ) и выходу их строя некоторых участков выработки.

Основные виды деформаций пород и крепи в обследуемых выработках.

1. Коррозия верхняков (рис. 2).
2. Искажение геометрической конфигурации выработки (рис. 3).
3. Прогиб верхняков (рис. 4).
4. Разрыв стоек на уровне замков (рис. 5).
5. Разрыв хомутов в замках (рис. 6).
6. Смещение хомутов (рис. 7).
7. Пучение почвы (рис. 8).



Рис. 2 – Северный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 9...10



Рис. 3 – Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 58



Рис. 4 – Северный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 38-10 рам



Рис. 5 – Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 67...65



Рис. 6 – Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 74



Рис. 7 – Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м. ПК 58-10 рам



Рис. 8 – Южный ходок уклона №1 пласта  $l_8$  горизонта 550 м ПК 52-8 рам

Во всех обследованных выработках главного направления наблюдается пучение, интенсивность и величина которого возрастает с глубиной.

Обследование северного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м ниже сопряжения его с конвейерным штреком 4-ой северной лавы не выполнялось в связи с уменьшением сечения (пучение – высота выработки менее 40 см, ширина менее 60 см) (непроходимость).

На южном ходке пл.  $l_8$  горизонта 550 м в районе пикетов 65...68 осуществляется подрывка пород почвы на глубину до 1 м.

На участке северного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м между ПК8 и ПК10 наблюдается коррозия рам крепи вплоть до появления разрывов сплошности профиля.

В результате выполненных шахтных обследований выработок получены зависимости изменения устойчивости выработки ( $\omega$ ) и высоты выработки ( $h$ ) от глубины ( $H$ ) (рис. 9...14).

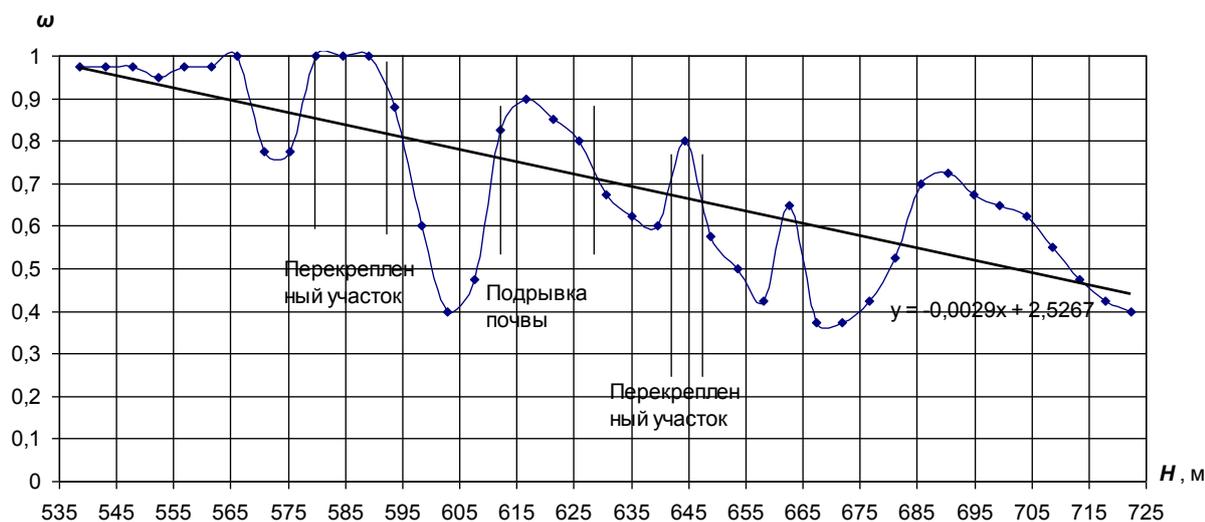


Рис. 9 – Зависимость изменения устойчивости северного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

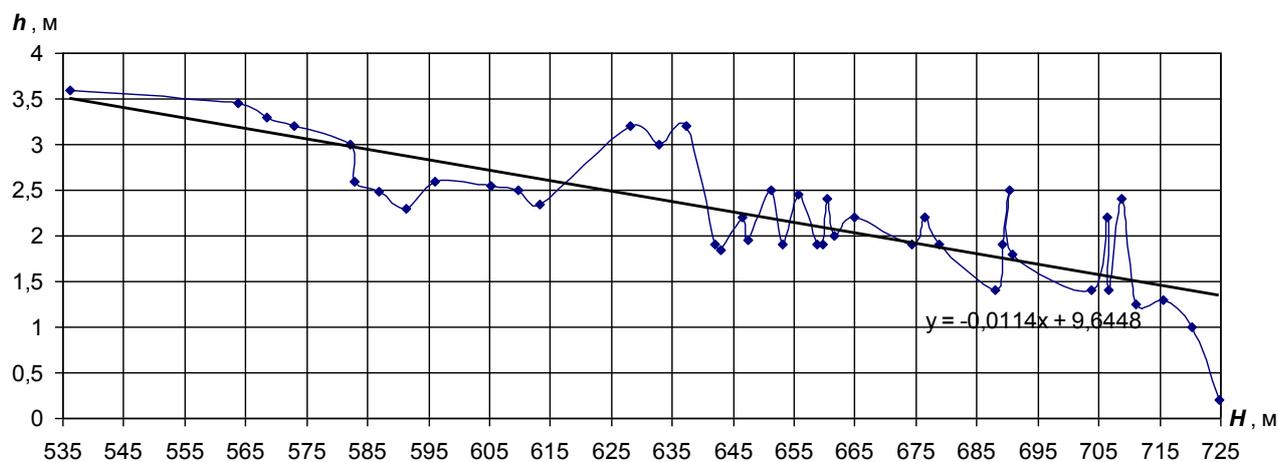


Рис. 10 – Зависимость изменения высоты северного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

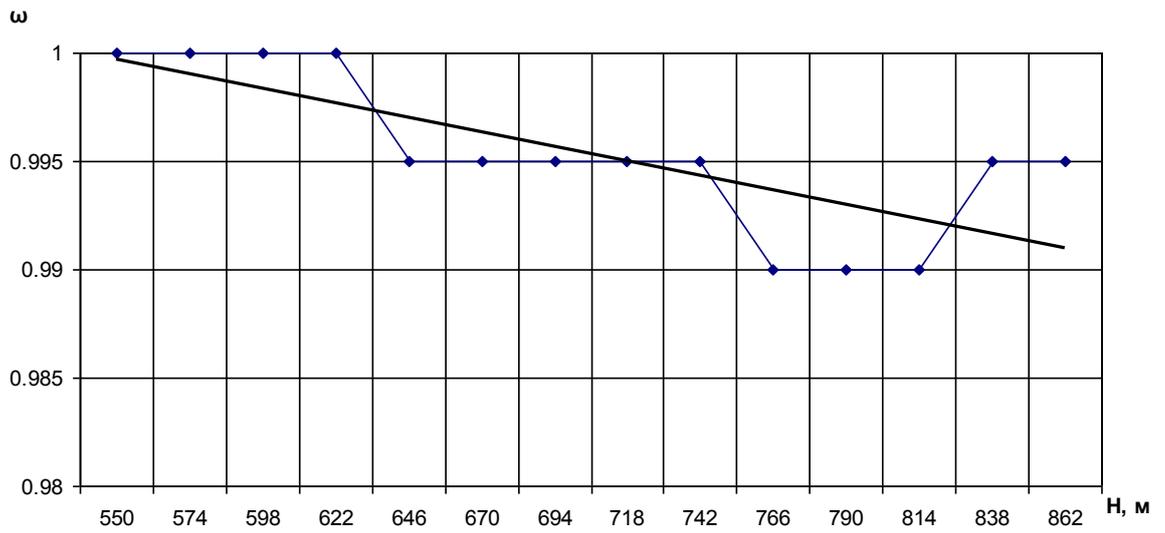


Рис. 11 – Зависимость изменения устойчивости уклона №1 пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

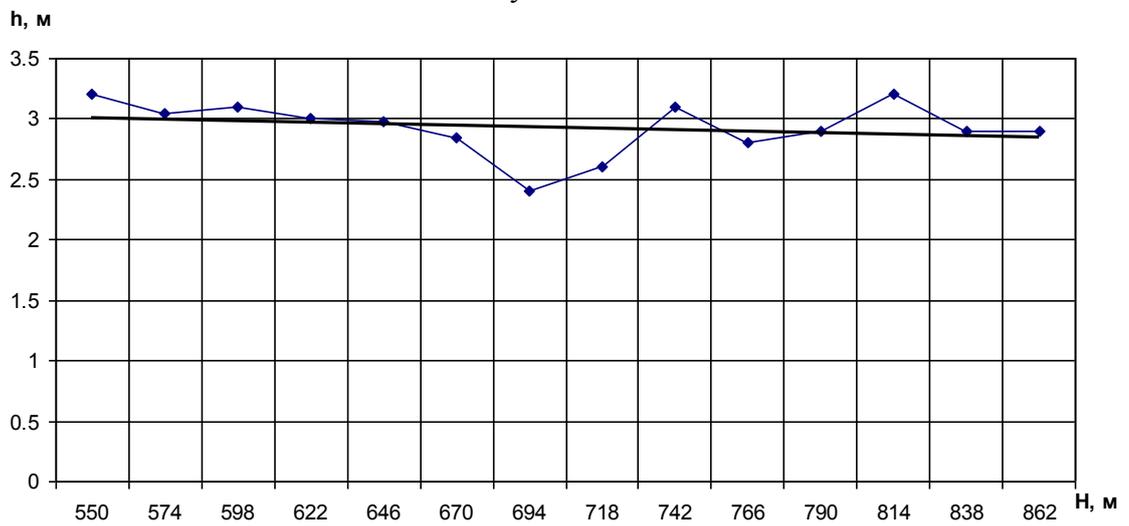


Рис. 12 – Зависимость изменения высоты уклона №1 пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

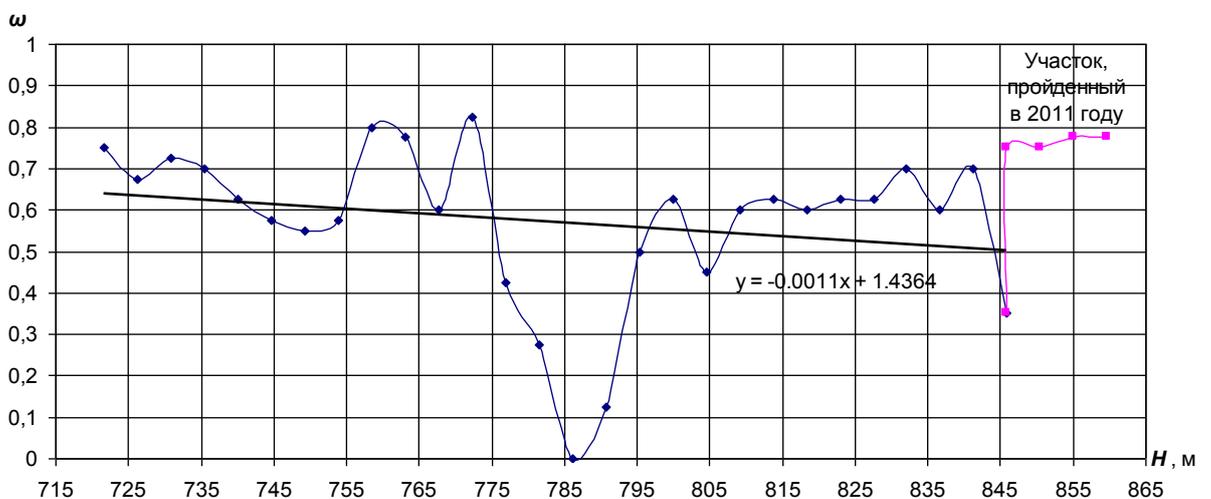


Рис. 13 – Зависимость изменения устойчивости южного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

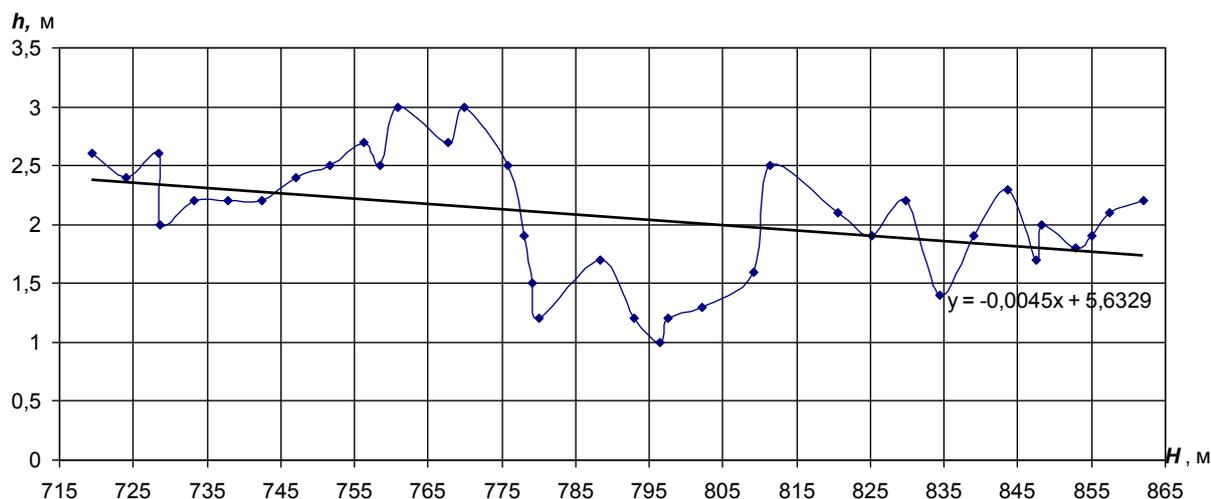


Рис. 14 – Зависимость изменения высоты южного ходка пл.  $l_8$  горизонта 550 м от глубины

**Выводы.** Анализ полученных зависимостей изменения устойчивости выработок от глубины показывает, что при увеличении глубины, этот показатель снижается существенно для ходков:

- северный ходок пл.  $l_8$  горизонта 550 м – с 0,97 до 0,45 и описывается линейной зависимостью  $y = -0,0029x + 2,5267$ ;
- южный ходок пл.  $l_8$  горизонта 550 м – с 0,64 до 0,5 и описывается линейной зависимостью  $y = -0,0011x + 1,4364$ .

Зависимости изменения высоты выработок от глубины отражают уменьшение высоты выработок по мере увеличения глубины, также характерное в большей степени для ходков:

- северный ходок пл.  $l_8$  горизонта 550 м – с 3,5 м до 1,4 м и описывается линейной зависимостью  $y = -0,0114x + 9,6448$ ;
- южный ходок пл.  $l_8$  горизонта 550 м – с 2,4 м до 1,75 м и описывается линейной зависимостью  $y = -0,0045x + 5,6329$ .

Таким образом, шахтные исследования показывают, что значительная часть наклонных выработок находится в неудовлетворительном состоянии, наиболее характерными видами проявлений горного давления в выработках являются деформации и повреждения крепи и пучение пород почвы. Результаты натурных исследований являются исходными данными для разработки методов и средств обеспечения устойчивости горных выработок ОДО «Шахта Белозерская», которые будут использованы при создании лабораторных и математических моделей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заславский Ю.З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна / Заславский Ю.З. – М.: Недра, 1966. – 180 с.
2. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок / Усаченко Б.М. – Киев: Наук. думка, 1979. – 136 с.

