

*Канд. техн. наук, доцент Ларченко В.Г.  
канд. техн. наук, доцент Черных О.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПОДРАБОТАННОЙ ТОЛЩИ ПОРОД ОТ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Установлені залежності основних лінійних параметрів зсуву та деформацій підробленої шаруватої товщі гірських порід від головних визначальних факторів математичним моделюванням методом кінцевих елементів у переміщеннях*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Глубина отработки сближенных угольных пластов с каждым годом возрастает, что вызывает увеличение горного давления на выработки и изменение параметров сдвижений и деформаций горных пород как вокруг выработок, так и всей подработанной толщи, которые необходимы для выбора мер охраны объектов земной поверхности, оптимального взаимного расположения вскрывающих, подготовительных и очистных выработок, прогнозе их устойчивости и газодинамических проявлений.

Поэтому исследования зависимостей основных параметров сдвижений и деформаций подработанной толщи пород от определяющих их факторов являются актуальными, имеют научное и практическое значение и выполняются в соответствии с гос.бюджетной темой № 144 (№ гос. регистрации 0105 U 000935).

**Анализ исследований и публикаций.** Исследования зависимостей параметров процесса сдвижения толщи горных пород от определяющих факторов могут быть выполнены методами: натуральных инструментальных наблюдений, моделированием из эквивалентных материалов и теоретическим методом. Наиболее достоверным является метод комплексных натуральных точных частотных наблюдений, но он очень трудоемкий, дорогостоящий, требует длительных наблюдений, поэтому без должного финансирования его применение не представляется возможным.

Моделирование из эквивалентных по прочности материалов при наличии в толще пород пльвунов большой мощности не даст результатов ожидаемой точности.

Поэтому для исследования параметров процесса сдвига и их зависимостей от основных определяющих факторов наиболее приемлемым является математическое моделирование методом конечных элементов [1] и сопоставление его результатов с параметрами, полученными натурными маркшейдерскими наблюдениями [2, 3].

**Постановка задачи.** Установить зависимости основных линейных параметров сдвижений и деформаций толщи горных пород от вынимаемой мощности пласта, глубины подработки и ширины выработанного пространства методом конечных элементов в перемещениях.

**Изложение материала и его результаты.** Расчет сдвижений и деформаций подработанной слоистой толщи горных пород выполнен математическим моделированием методом конечных элементов в перемещениях с использованием программного комплекса «Лира-9».

Основными неизвестными при этом приняты оседания слоев и наклоны по оси  $Z$ , горизонтальные сдвиги и деформации по оси  $X$ . Жесткости элементов модели заданы:  $E$  – модулем деформаций слоев;  $\nu$  – коэффициентом Пуассона;  $D$  – шириной выработанного пространства;  $R_C$  – напряжением сдвига;  $R_S$  – предельным напряжением при растяжении;  $f$  – углом внутреннего трения. Перечисленные параметры жесткости элементов приняты по результатам механических испытаний пород в горно-геологических условиях шахт «Степная» и «Юбилейная» ПО «Павлоградуголь». Координаты узлов модели, нагрузки и величины сдвижений и деформаций в точках описаны в декартовой системе координат. Подработанная толща пород представлена из 8 слоев. Последовательно выполнялись загрузка и накопления нагрузок расчетной схемы, формирование и разложение матрицы жесткости основной схемы расчета, вычисления сдвижений и деформаций подработанного массива пород. Результаты расчета представлены таблицами и графически (рис. 1 – 3), которые имеют хорошее сходство с натурными наблюдениями [2, 3].

По результатам расчетов построены графики зависимостей оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и деформаций слоев толщи пород от вынимаемой мощности пласта  $m$  в пределах от 0,5 до 2 метров (рис. 4), графики зависимости максимального оседания  $\eta_0$  от глубины подработки  $H$  (рис. 5) и от отношения ширины выработанного пространства  $D$  к глубине подработки (рис. 6).

18

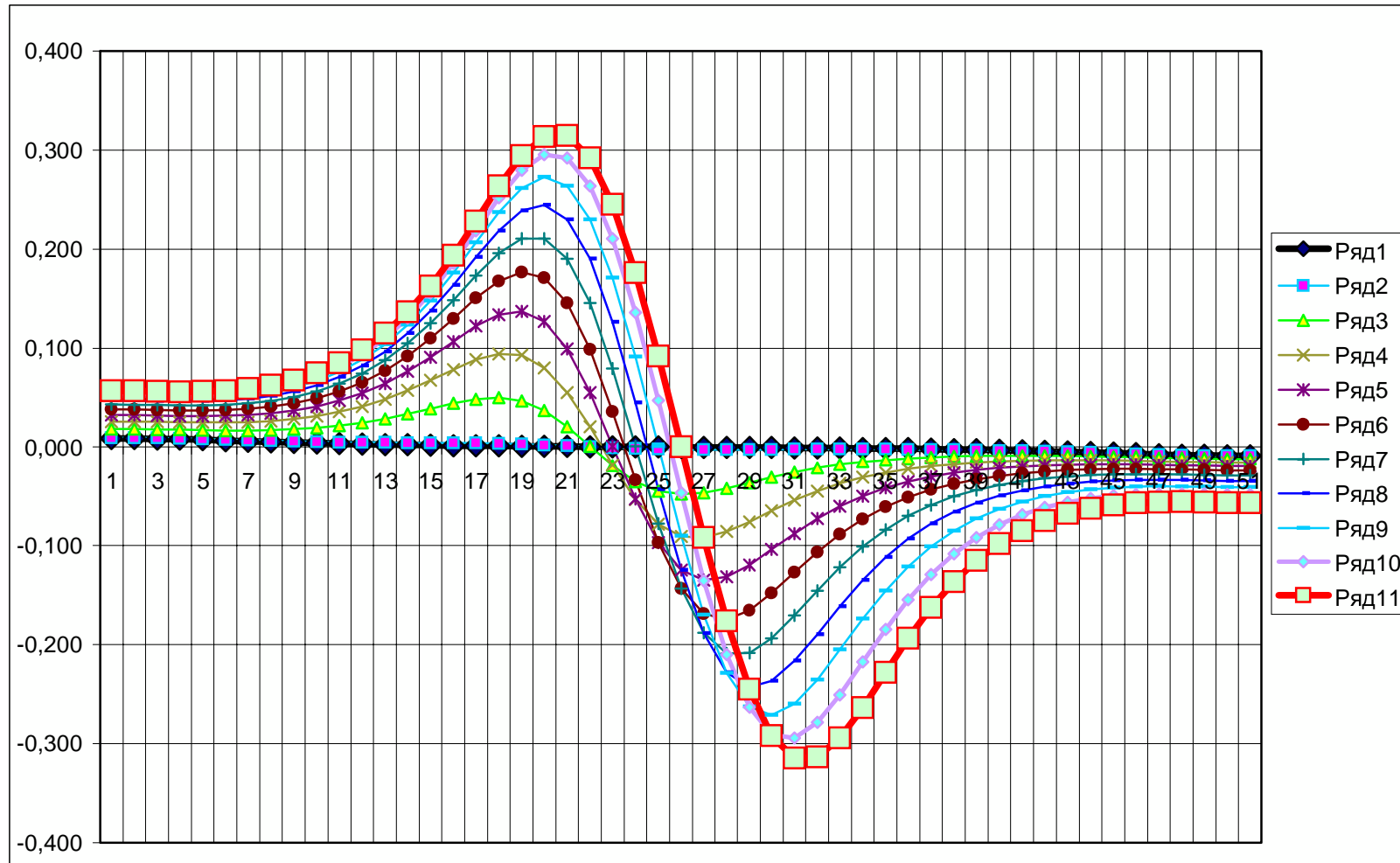


Рисунок 1 – Графики горизонтальных сдвижений, м

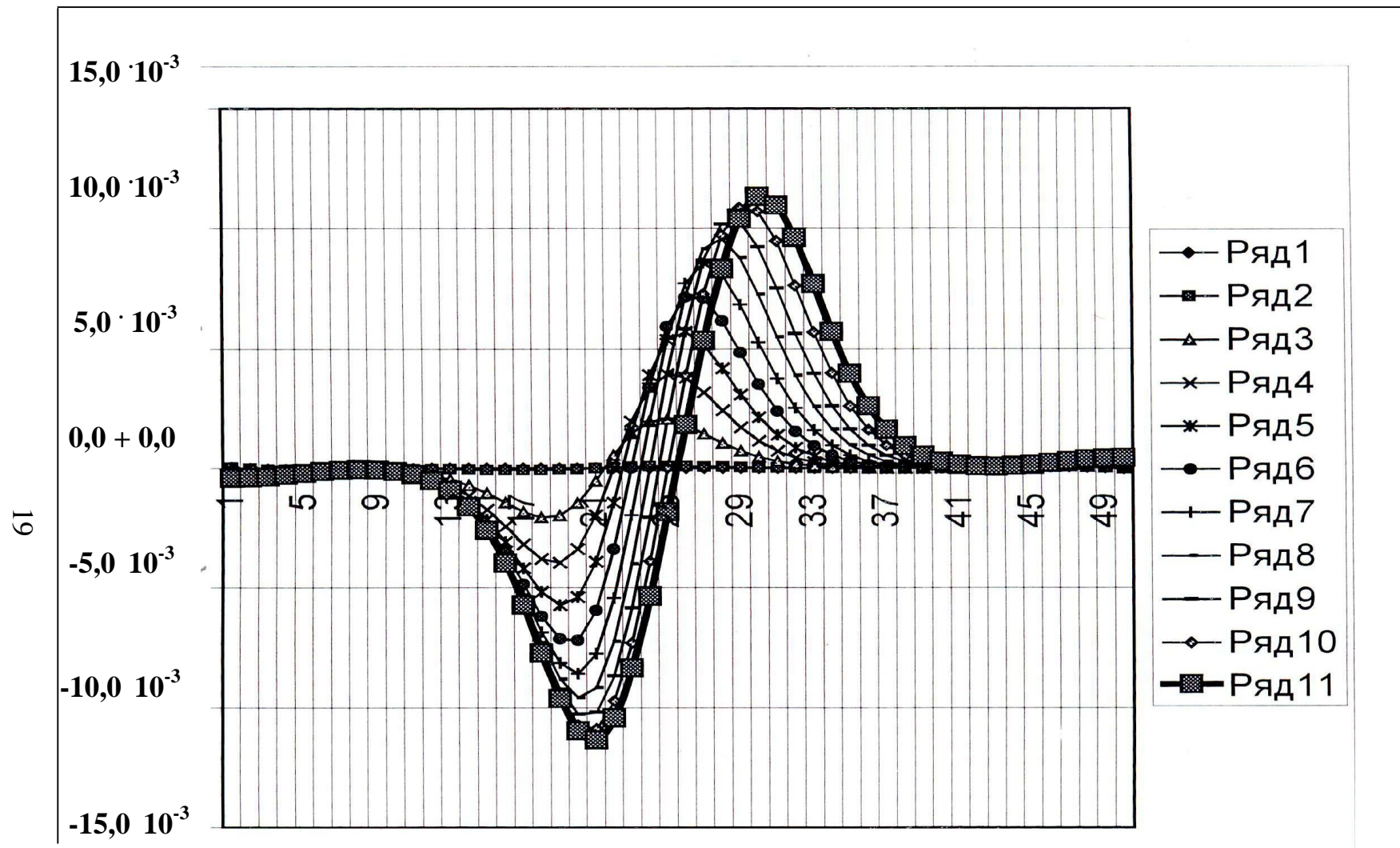


Рисунок 2 – Графики наклонов

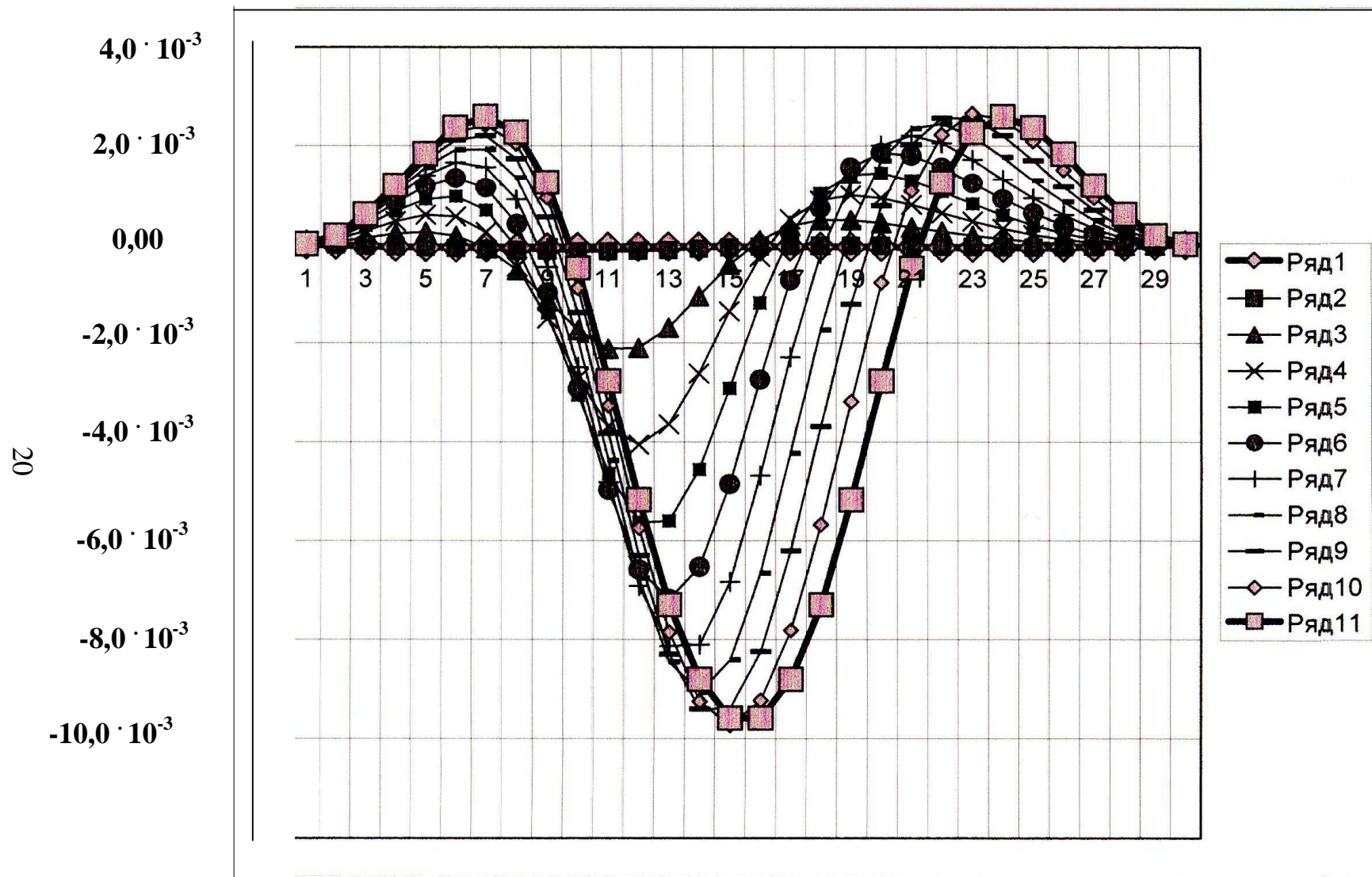


Рисунок 3 – График горизонтальных деформаций

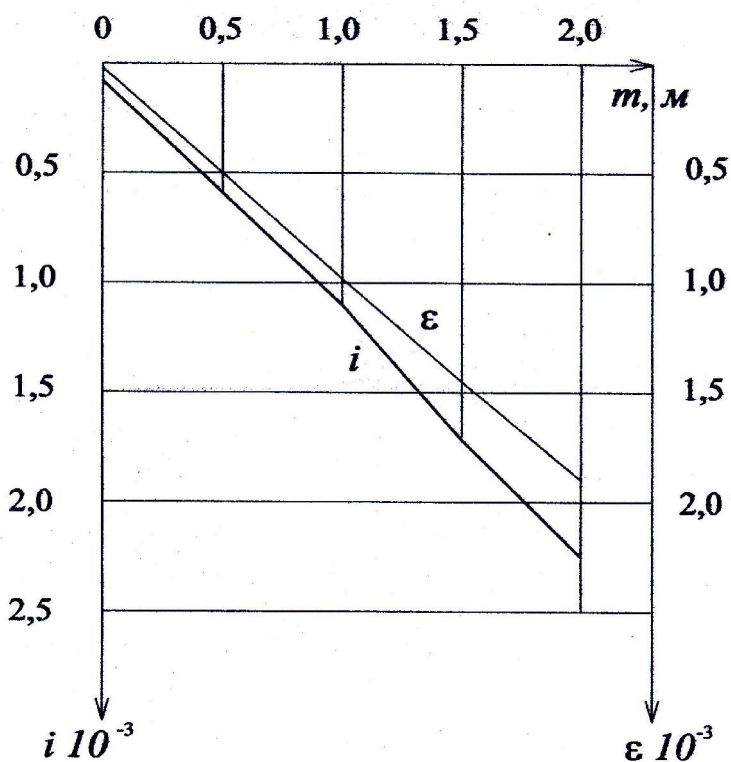
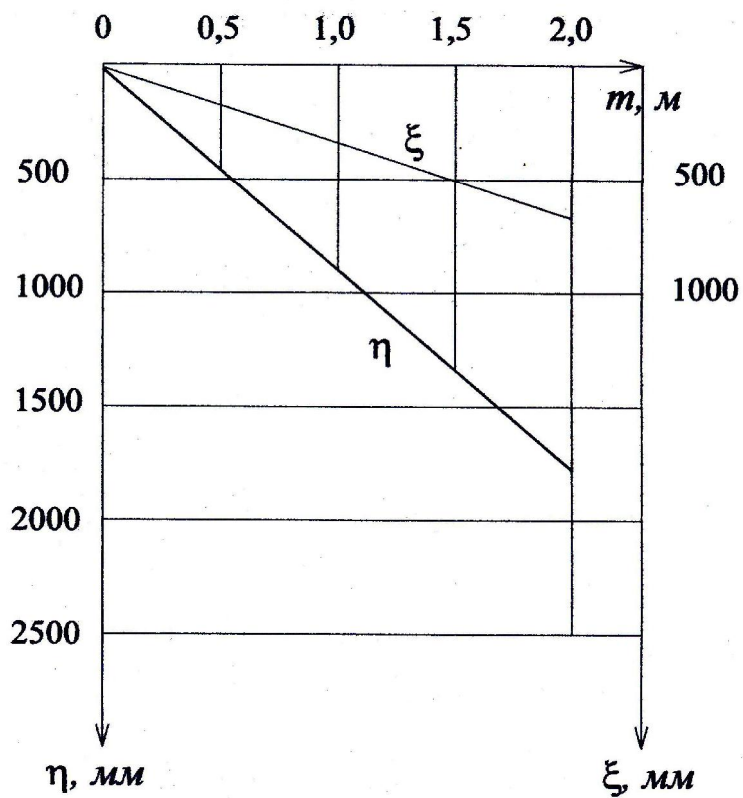


Рисунок 4 – Графики зависимостей оседаний  $\eta$ , горизонтальных сдвижений  $\xi$ , наклонов  $i$  и горизонтальных деформаций  $\epsilon$  от мощности пласта  $m$

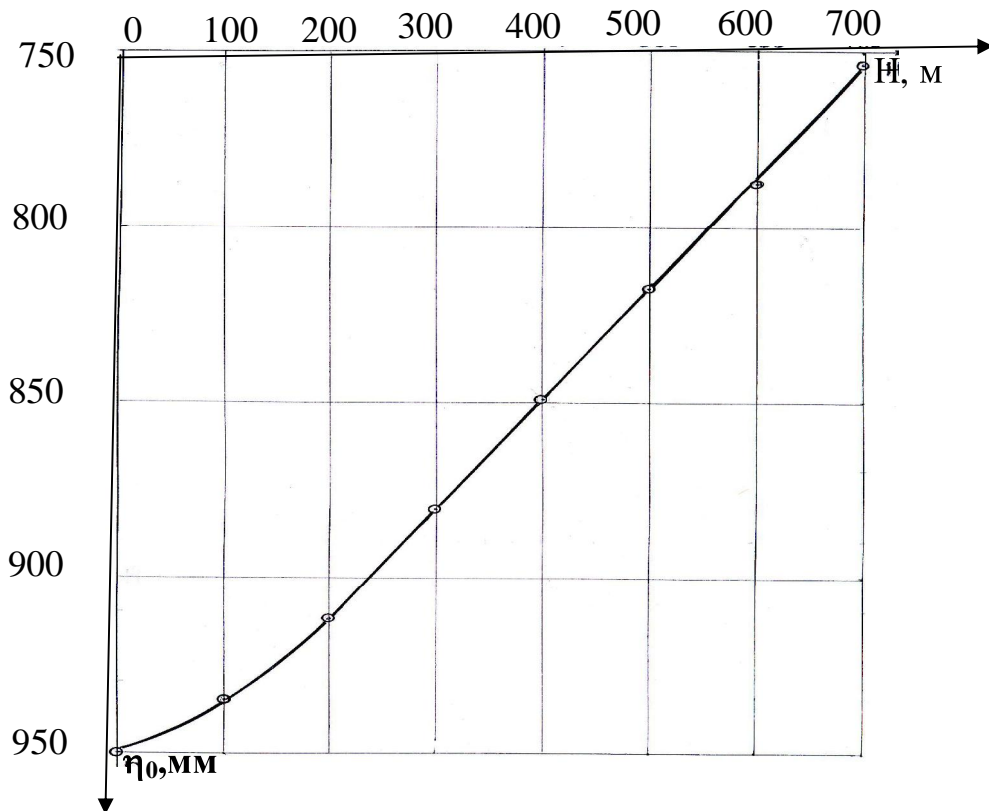


Рисунок 5 – График зависимости максимального оседания от глубины подработки  $H$  (при условии полной подработки и  $m = 1$  м)

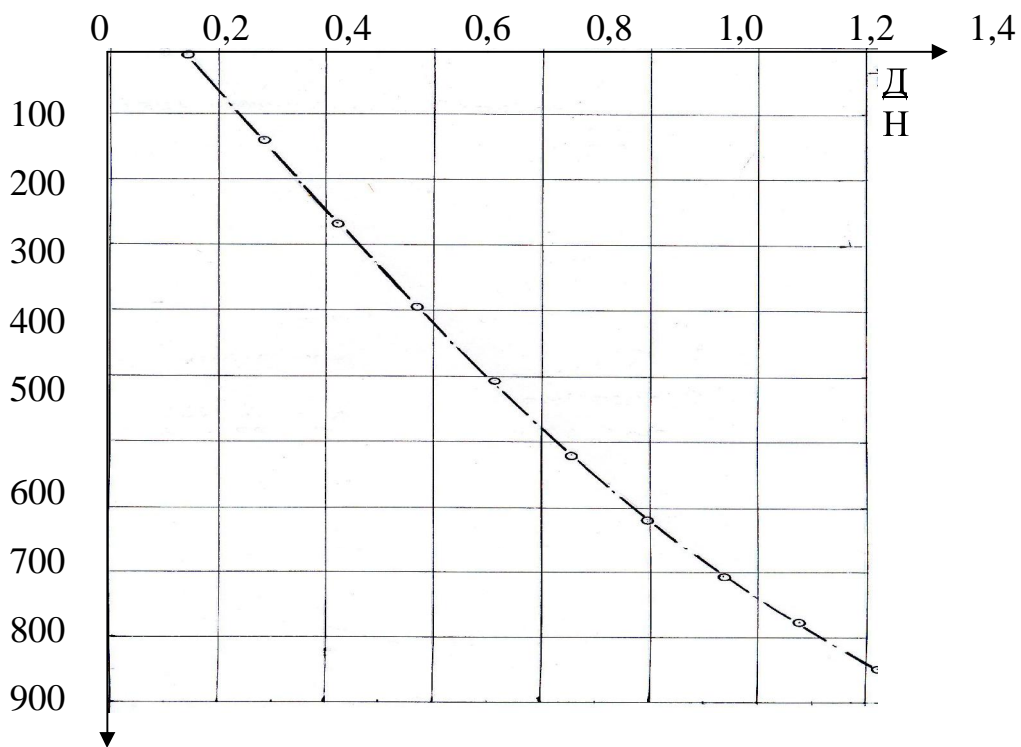


Рисунок 6 – График зависимости максимального оседания  $\eta_0$  от отношения ширины выработанного пространства  $D$  к глубине подработки  $H$  (при  $m = 1$  м)

Установленная линейная зависимость основных параметров процесса сдвижения от вынимаемой мощности пласта (рис. 4) подчеркивает правомерность и целесообразность использования метода конечных элементов для определения зависимостей параметров от других определяющих факторов. Подтверждением этому служит график зависимости максимального оседания от глубины подработки (рис. 5) при условии полной подработки, вынимаемой мощности пласта  $m = 1$  м и при постоянных остальных влияющих факторах, который свидетельствует, что при глубинах подработки  $H$  до 200 м величина максимального оседания слоев подработанной толщи  $\eta_0$  находится в степенной зависимости от  $H$ , а при глубинах от 200 до 700 м – в линейной зависимости (рис. 5).

При отношении  $\frac{D}{H}$  от 0,15 до 0,9 максимальное оседание  $\eta_0$  находится в линейной зависимости от  $D / H$ , а при изменении отношения  $D / H$  от 0,9 до 1,4 зависимость  $\eta_0$  от  $\frac{D}{H}$  является степенной (рис. 6).

#### **Выводы и направление дальнейших исследований.**

1. Математическое моделирование сдвижений и деформаций подработанной слоистой толщи горных пород методом конечных элементов в перемещениях является достоверным и эффективным.

2. Установлены зависимости оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и деформаций толщи горных пород от вынимаемой мощности пласта, глубины подработки и ширины выработанного пространства.

3. Соответствие установленных параметров процесса сдвижения и зависимостей результатам натуральных наблюдений подтверждает целесообразность и эффективность применения данного метода, использование которого позволит определить новые зависимости параметров процесса сдвижения подработанного массива горных пород от других влияющих факторов.

*Приведены зависимости основных линейных параметров сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород от главных определяющих факторов математическим моделированием методом конечных элементов в перемещениях.*

*Linear dependence of strata movements parameters and rock-mass deformations was ascertained using the finite elements method. These parameters depend on such determinative factors as the strata thickness, the depth of undermining and the width of the worked-out area.*



### **Библиографический список.**

1. Ларченко В.Г., Черных О.А. Моделирование напряжений и сдвижений подработанной толщи горных пород методом конечных элементов. // Сб. научн. трудов ДонГТУ, вып. 21 – Алчевск: ДонГТУ, 2006. – С.22-29.

2. Ларченко В.Г. Исследование закономерностей и зависимостей максимальных деформаций земной поверхности при разработке свиты угольных пластов. // Разработка рудных месторождений, МОНУ, КТУ, Кривой Рог. Вып. 89, 2005. – С.59-61.

3. Ларченко В.Г. Сдвигения и деформации подработанного массива горных пород // Зб. доповідей Міжнародної науково-технічної конференції “Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості”, МОНУ, КТУ, том 1, 2004.-С. 93-96.