

*к.т.н., доц. Ларченко В.Г.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОТРАБОТКЕ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Наведені результати багаторічних досліджень динамічних параметрів процесу зрушень і деформацій підрубленої товщі порід і земної поверхні при відпрацюванні світи пологістих пластів, встановлені нові закономірності і залежності, удосконалено методику натурних спостережень.

Основной задачей исследований процесса сдвижения горных пород и земной поверхности является выбор оптимальных мер охраны подрабатываемых сооружений, горных выработок и природных объектов от вредного влияния подземных разработок.

Для выбора оптимальных мер охраны подрабатываемых объектов необходимо знать параметры процесса сдвижения толщи горных пород и земной поверхности над движущимся очистным забоем, которые до настоящего времени оставались недостаточно изученными.

Целью исследований явилось определение новых закономерностей и зависимостей максимальных сосредоточенных деформаций земной поверхности от неизученных определяющих факторов, определение параметров зон и стадий деформирования подработанной толщи пород над движущимся очистным забоем.

Задачами исследований явились: установить новые закономерности процесса сдвижения горных пород, определить зависимость максимальных деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства, от размеров межлавных целиков, от направления движения очистного забоя, от вынимаемой мощности пласта, разработать рекомендации по планированию горных работ под наиболее значимыми объектами, определить параметры зон и стадий деформирования подработанной толщи пород, совершенствовать методику натурных наблюдений, многократно повысить их точность, производительность и комфортность.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций показывает, что в настоящее время с развитием ЭВМ большое внимание получили теоретические исследования [1-3], анализ и обработка выполненных авто-

ром статьи натуральных наблюдений [4,5] и совершенствование методики натуральных наблюдений [6,7].

Предлагаемые результаты исследований параметров процесса сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород и земной поверхности получены сочетанием комплекса методов: натуральных наблюдений, теоретических исследований и совершенствованием методики натуральных наблюдений.

Автором заложено 15 профильных линий реперов на 7 наблюдательных станциях и выполнено около 300 серий инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности, из них 2 станции являются комплексными, где дополнительно в пробуренные с поверхности вертикальные скважины заложены предложенной автором конструкции глубинные реперы якорного типа [8], а также заложены реперы в дренажном штреке и наклонном квершлагае и выполнено 112 серий частотных точных наблюдений. Кроме того, по шахтам собраны и обработаны результаты маркшейдерских наблюдений по 5 наблюдательным станциям Днепропетровской, Донецкой и Луганской областей. Натурными наблюдениями охвачена подработанная толща пород от 4 м выше кровли пласта в наклонном квершлагае, от 10 м в дренажном штреке, от 20 м – по глубинным реперам и до глубины 970 м (Краснодонуголь) при вынимаемой мощности пласта от 0,9 до 2,2 м, мощности четвертичных отложений от 5 до 180 м, скорости подвигания очистного забоя от 0 до 4 т/сут.

Теоретические исследования выполнены математическим моделированием методом конечных элементов в перемещениях [9,10], расчетом параметров сдвижения слоев толщи пород подобно изгибу тонких плит [11] и аппроксимацией кривых оседаний [12].

Сочетание большого объема комплексных частотных натуральных наблюдений над движущимся очистным забоем с теоретическими исследованиями позволило установить ряд новых зависимостей, закономерностей процесса сдвижения и совершенствовать методику трудоемких натуральных наблюдений.

1. Установлена и теоретически обоснована закономерность сложения однозначных деформаций земной поверхности при определенных отношениях ширины выработанного пространства и размеров целиков к глубине подработки и при совпадении в плане очистных выработок при повторных подработках (на рисунке 1).

2. Установлена зависимость максимальных горизонтальных деформаций сжатий и кривизны вогнутости от отношения ширины выработанного пространства к глубине подработки [13] (на рисунке 2б).

3. Установлена зависимость максимальных горизонтальных деформаций растяжений и кривизны выпуклости от отношения размеров межлавных целиков к глубине подработки [13] (на рисунке 2в).

4. Установлена зависимость деформаций земной поверхности над границей целика от направления движения очистного забоя [14]. Оптимальным для объектов земной поверхности, расположенных над границей целика, является вариант, когда очистной забой подходит к границе целика. Наибольшие деформации над границей целика будут в случае отхода очистного забоя от целика.

5. Установлены зависимости оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и деформаций от глубины подработки, ширины выработанного пространства и вынимаемой мощности пласта [10] (на рисунках 3-5).

6. Разработана и апробирована методика математического моделирования сдвижений деформаций подработанной слоистой толщи горных пород методом конечных элементов в перемещениях [9,10] (на рисунке 6).

7. Натурными комплексными наблюдениями и теоретическими исследованиями установлены параметры зон, стадий и механизм деформирования подработанной толщи пород относительно движущегося очистного забоя [15] (на рисунке 7).

8. На основании новых зависимостей и закономерностей разработаны рекомендации по планированию горных выработок под наиболее важными сооружениями земной поверхности [16].

9. Усовершенствован метод натуральных наблюдений за сдвижением и деформациями толщи горных пород применением лазерного указателя направлений, который позволяет до 1500 раз повысить точность определения параметров процесса сдвижения подработанного массива пород и впервые даст возможность видеть невооруженным глазом процесс деформирования толщи пород на специальном градуированном экране по движению луча лазерного прибора [17,18].

10. Предложен новый способ определения параметров сдвижений и деформаций земной поверхности на труднодоступных участках [19], позволяющий существенно уменьшить трудоемкость натуральных наблюдений и повысить их комфортабельность.

11. Разработано устройство для измерения горизонтальных и вертикальных деформаций земной поверхности или подрабатываемых сооружений [20], позволяющее вести постоянный мониторинг за деформациями инженерных сооружений с высокой точностью, которое значительно снижает трудоемкость натуральных наблюдений, повышает их комфортабельность и позволяет автоматизировать процесс измерений деформаций подрабатываемых объектов.

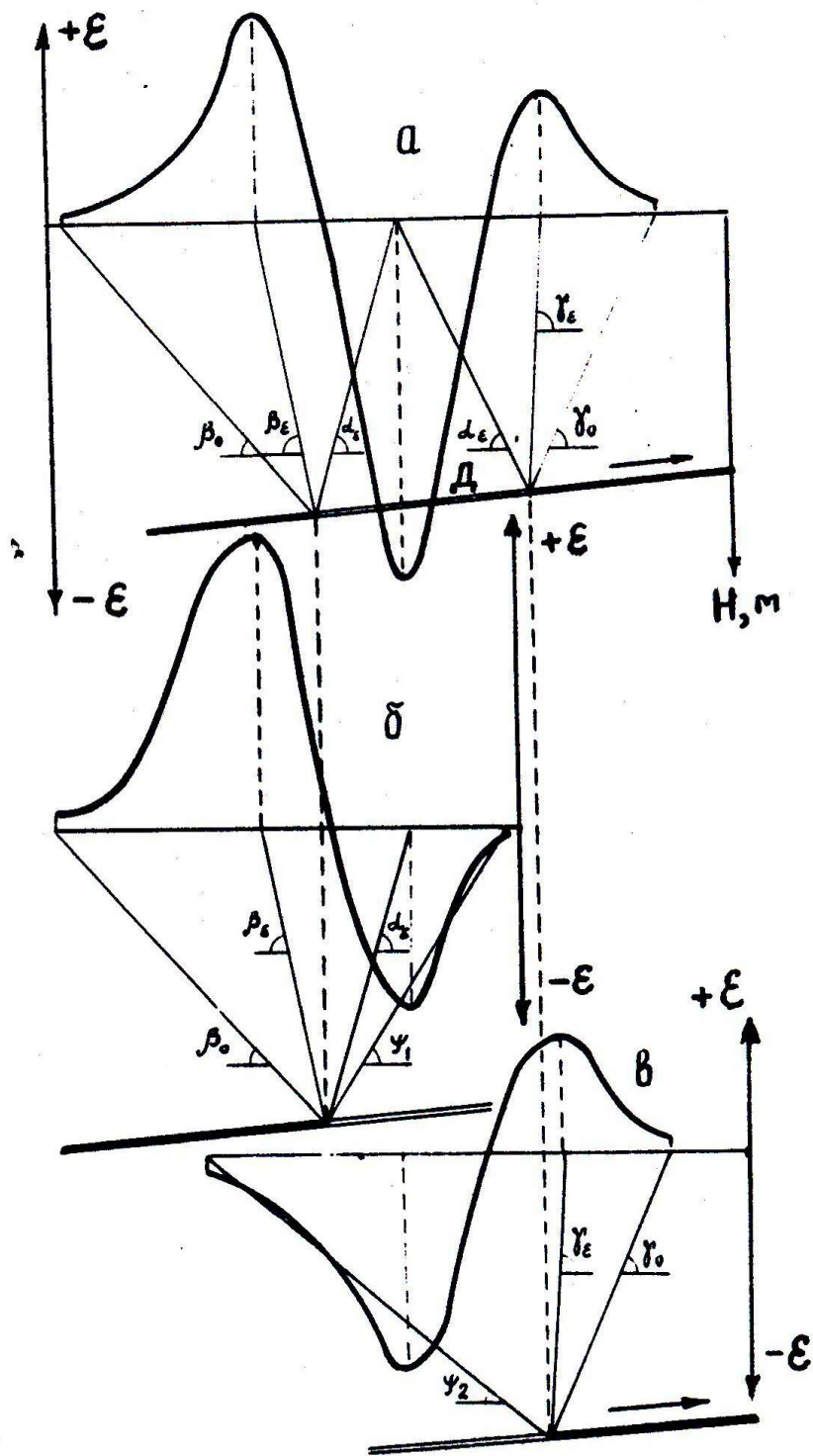


Рисунок 1 – Схема сложения горизонтальных деформаций сжатий

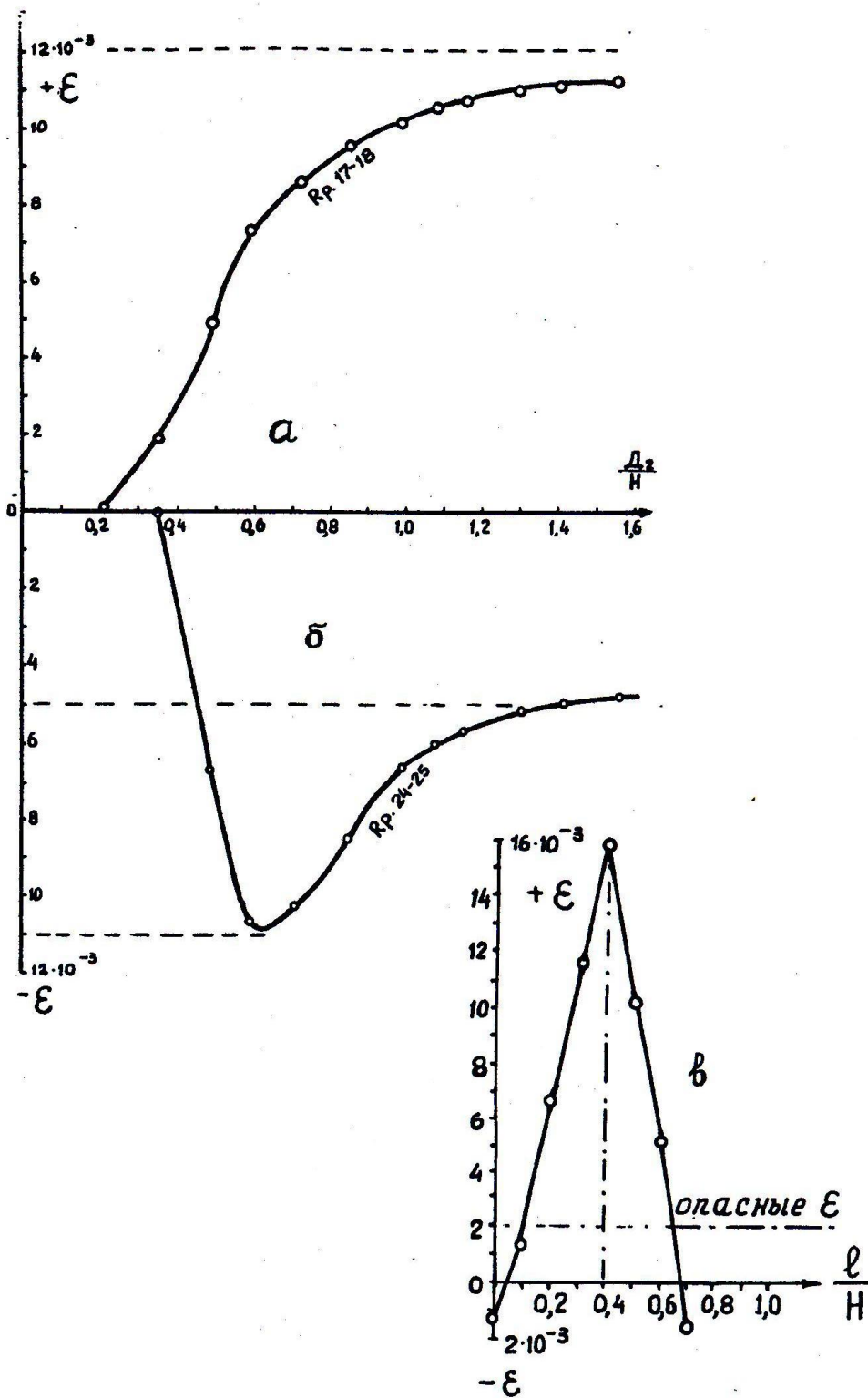


Рисунок 2 – Графики зависимостей максимальных горизонтальных деформаций земной поверхности: а – растяжений от D_2/H ; б – сжатий от D_2/H ; в – растяжений от l/H

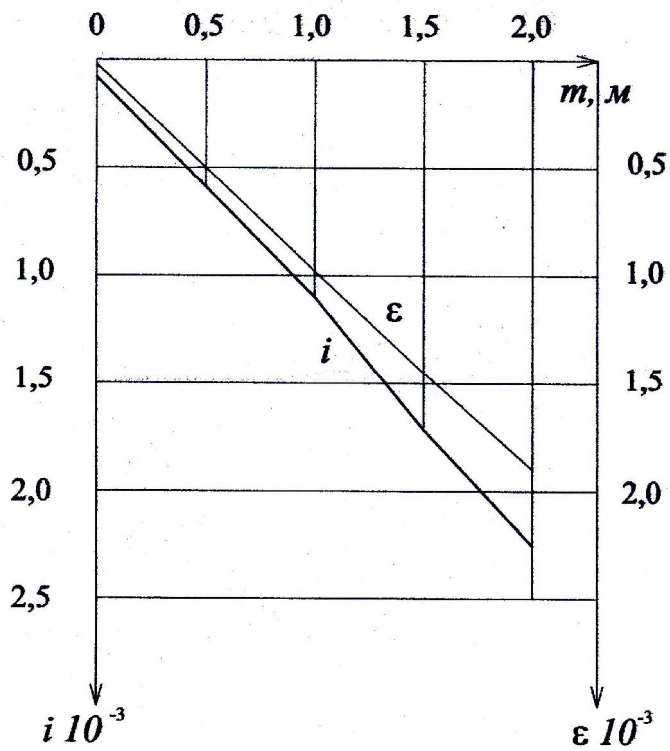
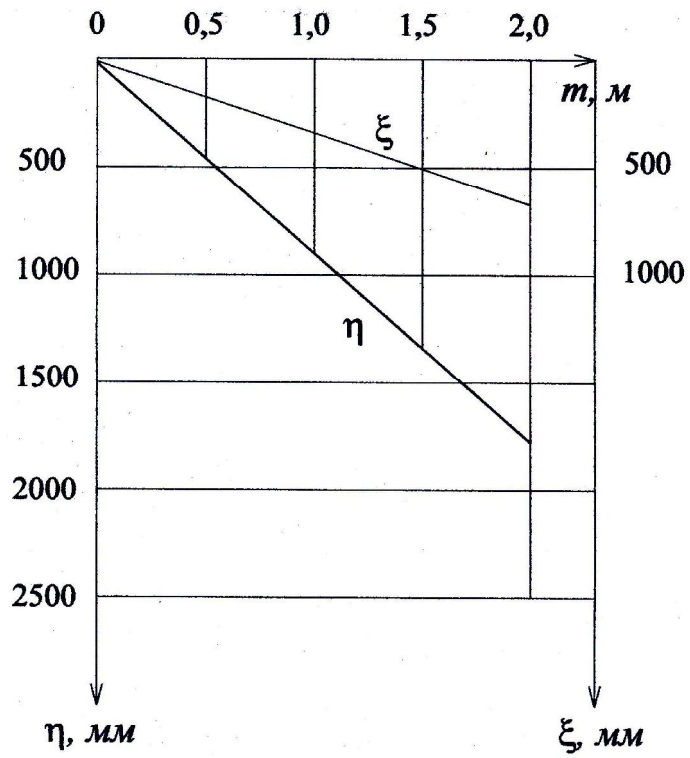


Рисунок 3 – Графики зависимостей оседаний η , горизонтальных сдвижений ξ , наклонов i и горизонтальных деформаций ϵ от мощности пласта m

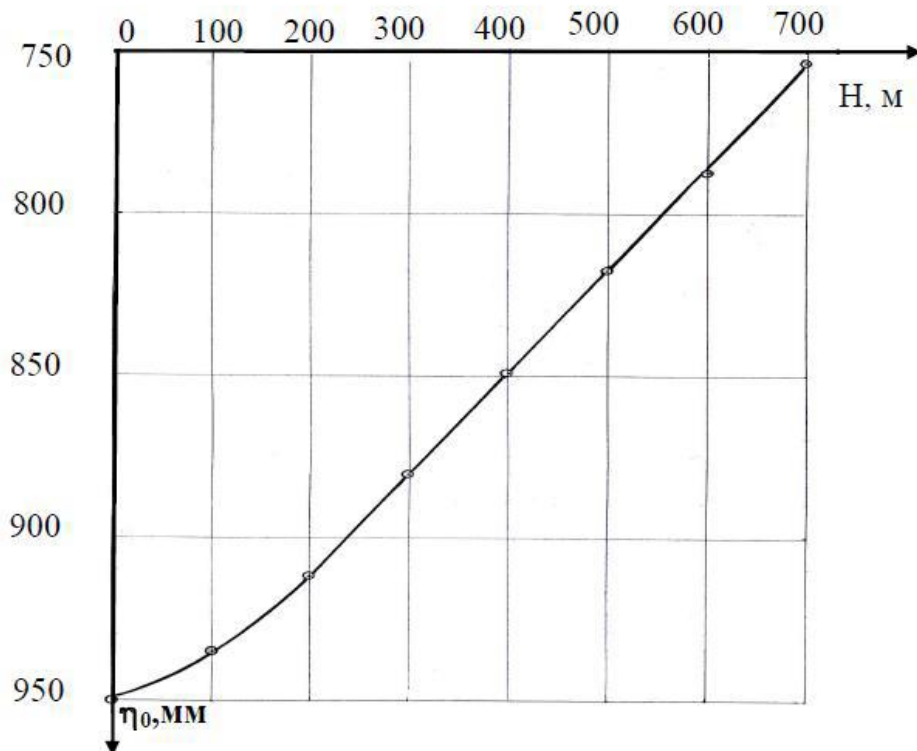


Рисунок 4 – График зависимости максимального оседания от глубины подработки H (при условии полной подработки и $m = 1$ м)

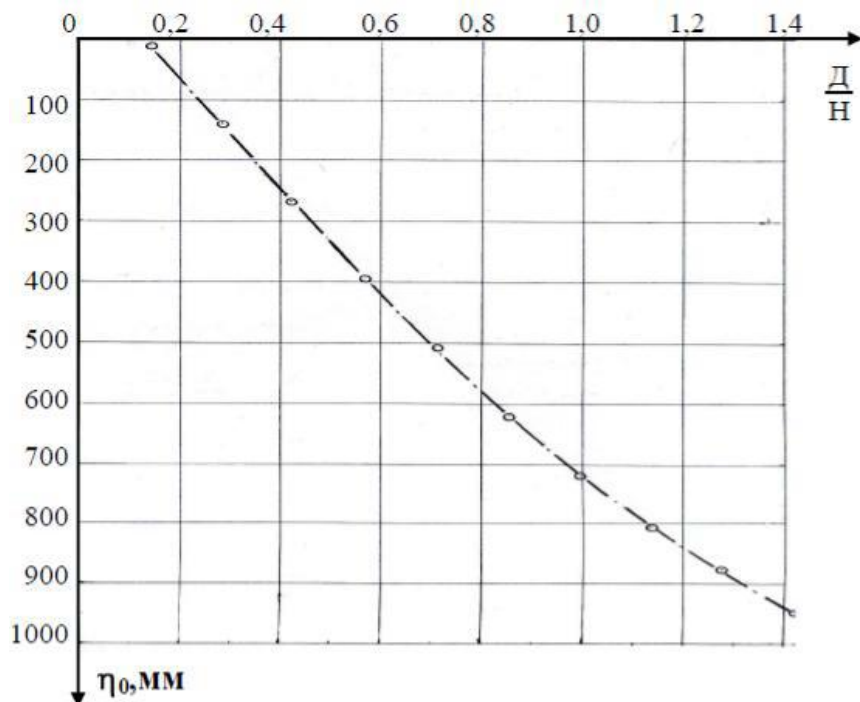


Рисунок 5 – График зависимости максимального оседания η_0 от отношения ширины выработанного пространства D к глубине подработки H (при $m = 1$)

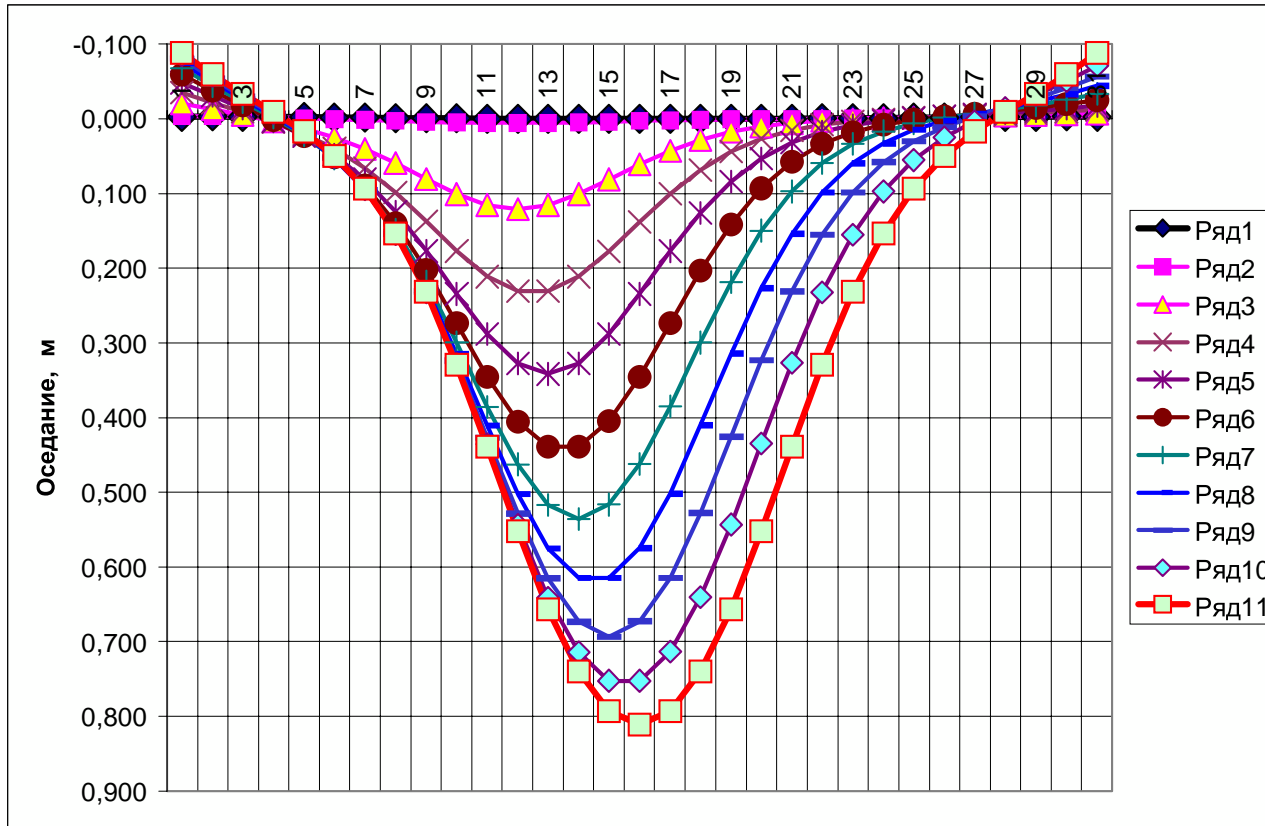


Рисунок 6 – Графики оседаний толщи пород

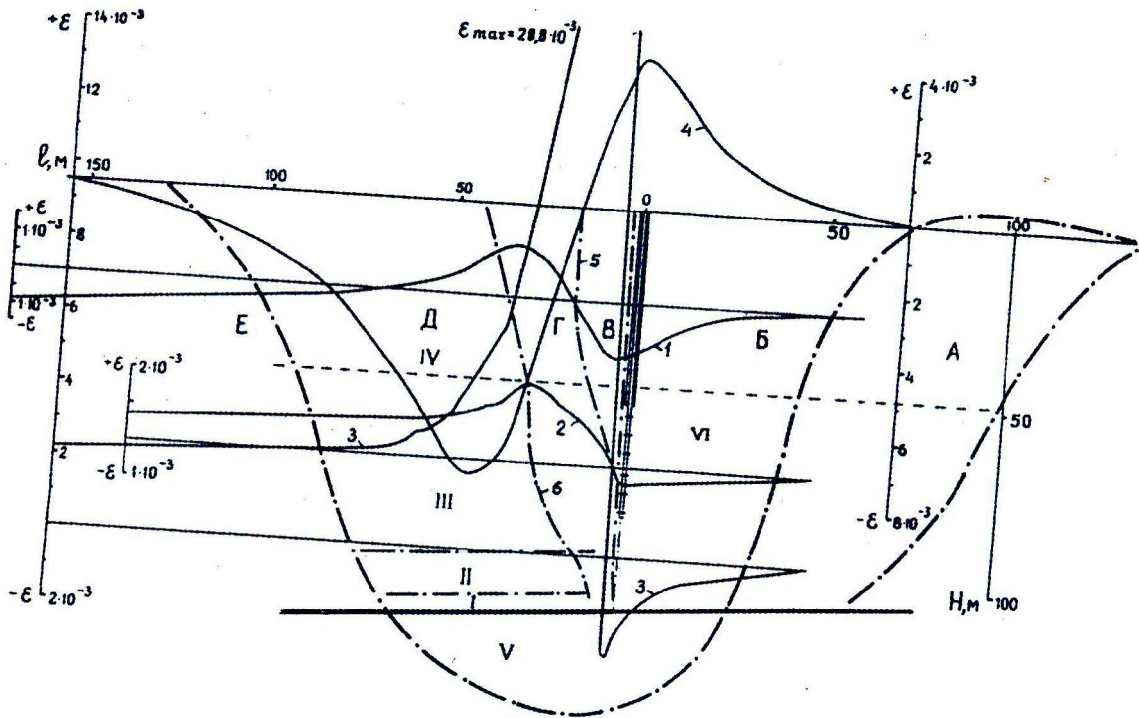


Рисунок 7 – Зоны и стадии деформирования подработанной толщи над движущимся очистным забоем

Установленные закономерности процесса сдвижения, новые зависимости параметров сдвижений и деформаций горных пород от определяющих факторов имеют научную новизну, практическую ценность и подтверждены многочисленными натурными точными наблюдениями над движущимся очистным забоем, а предложенные способы и устройства для натуральных наблюдений подтверждены 5 патентами Украины.

Исследования выполнены в соответствии с гос. бюджетными темами № 117 № гос. рег. 0102U002975, № 144 № гос. рег. 0105U000935, № 163 № гос. рег. 0108U001531 (руководитель Ларченко В.Г.). Результаты исследований внедрены в учебный процесс в лекционном курсе «Сдвижение горных пород», в НИРС, курсовых, дипломных проектах и выпускных работах при подготовке бакалавров, специалистов и магистров специальности 8.090307 «Маркшейдерское дело» в ДонГТУ, частично внедряются шахтами ПО «Павлоградуголь», а также планируется использовать в новой редакции «Правил охраны сооружений...».

Приведены результаты многолетних исследований динамических параметров процесса сдвижений и деформаций подработанной толщи пород и земной поверхности при отработке свиты пологих пластов, установленные новые закономерности и зависимости, усовершенствованная методика натуральных наблюдений.

The results of the perennial studies dynamic parameter process moving and deformation earned rock thickness thick masses of the sorts and terrestrial surface at working of the retinue sloping coal layer, installed new regularities and dependencies, advanced a methods observations.

Библиографический список

1. Гавриленко Ю.Н., Петрушин А.Г. Численное моделирование процессов сдвижения массива горных пород и земной поверхности методом конечных элементов в объемной постановке // Физико-технические проблемы горного производства: Сб. Науч. Тр., вып.3. – Донецк: ООО Лебедь», 2002.-С. 12-25.
2. Кулибаба С.Б., Рожко М.Д. Прогноз оседаний земной поверхности при разработке угольных пластов на больших глубинах // Уголь Украины. – 2007.-№12.-ЦС. 10-12.
3. Кулибаба С.Б., Рожко М.Д. Характер развития процесса сдвижения земной поверхности после остановки очистного забоя // Маркшейдерский вестник. – 2007.-№3.-С. 63-65.
4. Назаренко В.О., Кучин О.С., Леонов С.Ф. О максимальных горизонтальных сдвижениях земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения // Межвед. сб-к науч. тр. Геотехническая механика НАН Украины, ИГТМ. – Дн-ск, 2007, вып.72.-С. 131-137.
5. Стельмащук Е.В., Назаренко В.А. Пространственно-временное моделирование мульды сдвижения при ее формировании // Межвед. Сб-к науч. тр. ИГТМ НАН Украины, вып. 72.– Дн-ск, 2007.- С.3-18.
6. Спиридонов В.П., Бирюков Т.Н. Мониторинг деформаций земной поверхности и сооружений спутниковыми системами // Маркшейдерия и недропользование. М.2007.-№1.-С. 46-52.
7. Божко В.Г., Гринюк Б.О., Чирва О.І. Методика спостережень за деформаціями земної поверхні та споруд з використанням сучасних маркшейдерсько-геодезичних приладів // Вісник КТУ, Кр. Ріг, №2 (12), 2006.-С.55-58.
8. Ларченко В.Г. Сдвижение и деформация подработанной толщи горных пород / В.Г. Ларченко // Горный журнал. Известия вузов. – 1977.--№10.-С.36-39.
9. Ларченко В.Г., Черных О.А. Исследования сдвижений и деформаций толщи горных пород методом конечных элементов // Матеріали Міжнародної конференції «Форум гірників-2006».-Днепропетровск: НГУ, 2006.-С. 242-247.
10. Ларченко В.Г., Черных О.А. Определение зависимостей параметров сдвижений и деформаций подработанной толщи пород от определяющих факторов методом конечных элементов // Сб. Науч. Тр. ДонГТУ, Алчевск: ДонГТУ, вып. 22, 2006.-С. 16-24.

11. Ларченко В.Г., Короткова С.Е., Тищенко Е.А. Теоретические исследования сдвижений и деформаций толщи горных пород при первичной подработке // Сб. Науч. Тр. ДонГТУ.-Алчевск: ДонГТУ, вып. 23, 2007.-С. 25-30.

12. Ларченко В.Г., Кирьязов П.Н. Аналитическое описание кривых оседаний толщи горных пород // Сб. науч. тр. ДГМИ. – Алчевск: ДГМИ, вып.11, 2000.-С. 56-62.

13. Ларченко В.Г. Зависимость горизонтальных деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства и размеров целиков // Вестник МАНЭБ №2 (26).-С.-Петербург,2000.-С.30-32.

14. Ларченко В.Г. Влияние направления движения очистного забоя на деформации объектов земной поверхности, расположенных над границей целика // Сб. Науч. Тр. ДГМИ. – Алчевск: ДГМИ, вып..12, 2000.-С.74-81.

15. Ларченко В.Г. Сдвижения и деформации подработанного массива горных пород // Збірник доповідей. Том1. Міжнародна наук.-техн. конференція «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості». Кр. Ріг, К. ТУ.-2004.-С.93-96.

16. Ларченко В.Г., Бородин Н.В. Рекомендации по планированию горных выработок под объектами земной поверхности // Сб. Науч. Тр. ДонГТУ, вып.19.-2005.-С. 55-63.

17. Ларченко В.Г., Хоружа Н.В. Спосіб визначення швидкості деформацій подробленої товщі порід // Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл.№5, 2007, №22619 від 25.04.2007.

18. Ларченко В.Г., Хоружа Н.В. Пристрій для визначення параметрів деформацій подробленої товщі порід // Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл.№12, 2007, №25619 від 10.08.2007.

19. Ларченко В.Г., Хоружа Н.В. Спосіб визначення осідань і горизонтальних зрушень земної поверхні на важкодоступних ділянках // Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл.№12, 2007, №25436 від 10.08.2007.

20. Ларченко В.Г., Хоружа Н.В. Пристрій для вимірювання горизонтальних деформацій земної поверхні або подроблюваних будинків // Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл.№6, 2008, №31047 від 25.03.2008.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.