

УДК 622.837

к.т.н. Ларченко В.Г.,
Коваленко Е.В.,
Маталкина Ю.А.
(Дон ГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ЗАВИСИМОСТЬ МАКСИМАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ШИРИНЫ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

По результатам натурных наблюдений в горно-геологических условиях шахты Западного Донбасса установлена зависимость максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства.

Ключевые слова: максимальные оседания, наклоны, горизонтальные сдвижения и деформации земной поверхности, натурные наблюдения, ширина выработанного пространства, зависимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Одной из основных задач маркшейдерской службы горных предприятий при подземной разработке месторождений полезных ископаемых является выбор оптимальных мер охраны подрабатываемых сооружений и коммуникаций земной поверхности, основой которого являются максимальные величины сдвижений и деформаций горных пород. Достоверно определить параметры сдвижений и деформаций земной поверхности можно только натурными инструментальными наблюдениями или автоматической наблюдательной станцией [1-4].

С увеличением глубины подработки распространяется область влияния очистных работ на земную поверхность, длины полумульд и профильных линий, общая продолжительность процесса сдвижения, что вызывает повышение трудоемкости и стоимости маркшейдерских инструментальных наблюдений.

Поэтому определение зависимости максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от размеров выработанного пространства является актуальной научной и практической задачей и соответствует тематике исследований кафедры маркшейдерии, геодезии и геологии Дон ГТУ.

Постановка задачи.

Задачей исследований является установление закономерности и зависимости

максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от размеров выработанного пространства над движущимся очистным забоем.

Изложение материала и его результаты.

Как результат многолетних исследований в "Правилах подработки..." [5] приведена методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности, учитывающая коэффициентами подработанности N_1 и N_2 размеры выработанного пространства по падению и простиранию пласта после окончания процесса сдвижения. Закономерности распределения и величины максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности в течение всей продолжительности процесса сдвижения в динамической полумульде изучены недостаточно, поэтому их исследования являются актуальными.

Проанализируем результаты частотных равноточных инструментальных наблюдений (невязка геометрического нивелирования при всех 44 наблюдениях на станции № 13 никогда не превышала ± 2 мм на 1 км хода, что в 5 раз меньше допустимой [6], а относительная погрешность линейных измерений меньше $1/10000$, что соответствует требованиям [6]), выполненных одним из авторов, по наблюдательной станции №13 над лавой 604 пласта S_6 шахты "Степная" ПО "Павлоградуголь" в следующих горно-геологических условиях: длинна лавы

$D_2 = 184\text{м}$; средняя глубина $H=112\text{м}$; вынимаемая мощность пласта $m=0,91\text{м}$; управление кровлей – полное обрушение; средняя скорость подвигания очистного забоя $V=63\text{м/мес.}$; мощность обводненных четвертичных отложений $h=47\text{м}$; отношение длины лавы D_2 к средней глубине подработки H составляет 1,64 (условие полной подработки); угол падения пласта 5° . В

слабых породах Западного Донбасса наблюдательные станции 12 и 13 можно сравнить с "природными лабораториями", (рис. 1), где максимальная скорость оседаний грунтовых реперов земной поверхности достигала 66 мм/сут. , а общая продолжительность процесса сдвижения по критерию наклонов составила около 3 месяцев.

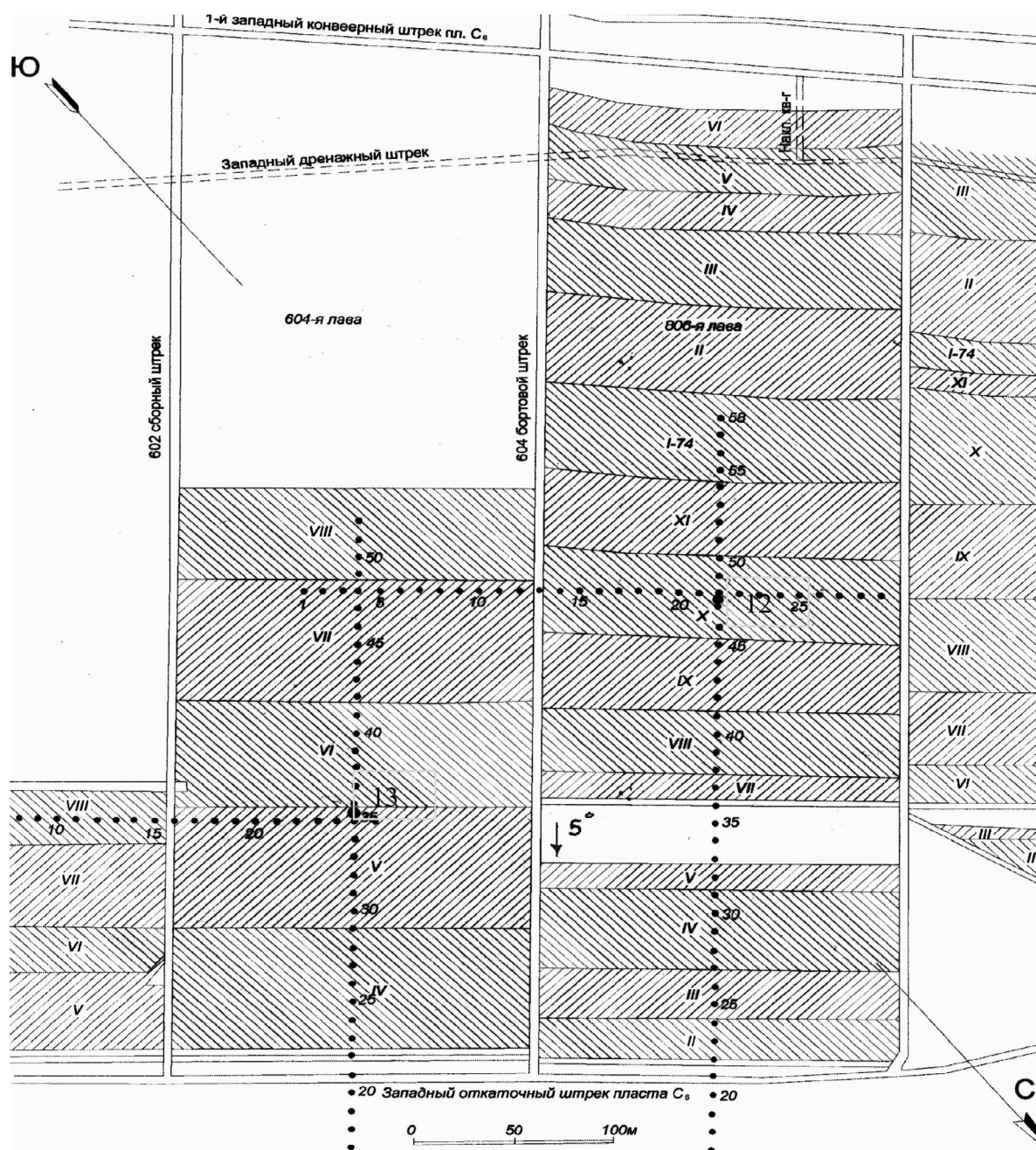


Рисунок 1 – План наблюдательных станций № 12 и 13

По результатам математической обработки наблюдений построены графики максимальных оседаний η_m , наклонов i_m , горизонтальных сдвижений ξ , деформаций сжатий $-\varepsilon$ и растяжений $+\varepsilon$ (рис. 2) в главном сечении мульды по профильной линии, расположенной перпендикулярно к линии очистного забоя по станции №13, отражающие зависимость перечисленных максимальных параметров от ширины выработанного пространства D_1 при постоянной длине лавы D_2 .

При глубине разрезной печи 117 м процесс сдвижения достиг земной поверхности при отходе очистного забоя от целика на величину, равную $0,1 D_1/H$. С увеличением размера D_1 выработанного пространства максимальные оседания η_m , горизонтальные сдвижения ξ и наклоны i_m в сторону восстания пласта, горизонтальные деформации растяжений $+\varepsilon$ постоянно и однозначно увеличивались от нуля до максимальных значений (рис. 2).

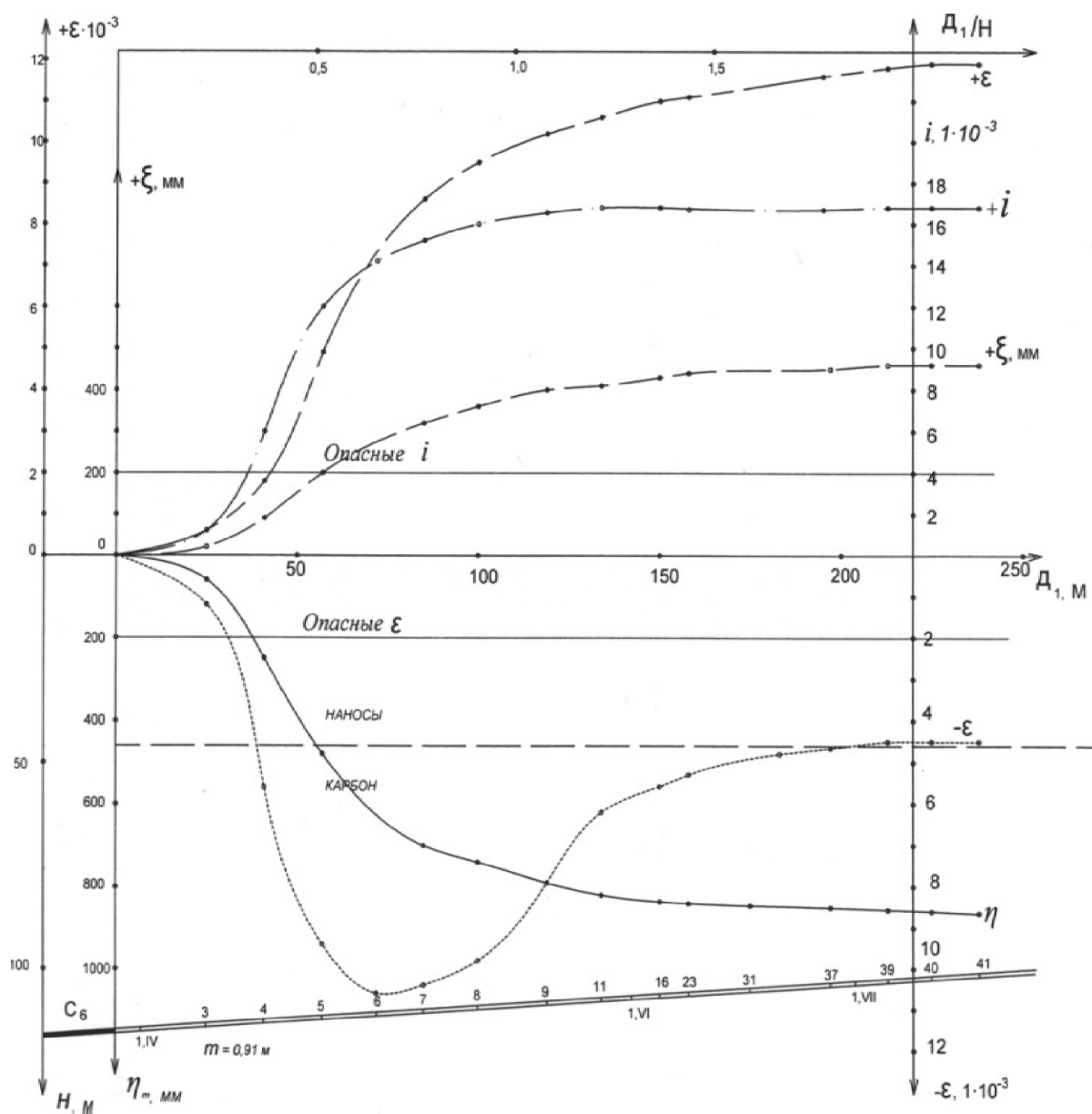


Рисунок 2 – Графики зависимости: максимальных оседаний (η); наклонов (i); горизонтальных сдвижений (ξ); деформаций растяжений ($+\varepsilon$) и сжатий ($-\varepsilon$) земной поверхности от размеров выработанного пространства D_1 над лавой № 604 шахты "Степная"

Исключение составляют горизонтальные деформации сжатий и, аналогично, кривизна вогнутости, которые при отношении D_1/H в интервале $(0,6 \div 0,7)$ достигают максимальных значений как результат суммирования однозначных деформаций (рис. 3, а) в полумульде над разрезной печью (рис. 3, б) и образующейся в этот момент динамической полумульды (рис. 3, в).

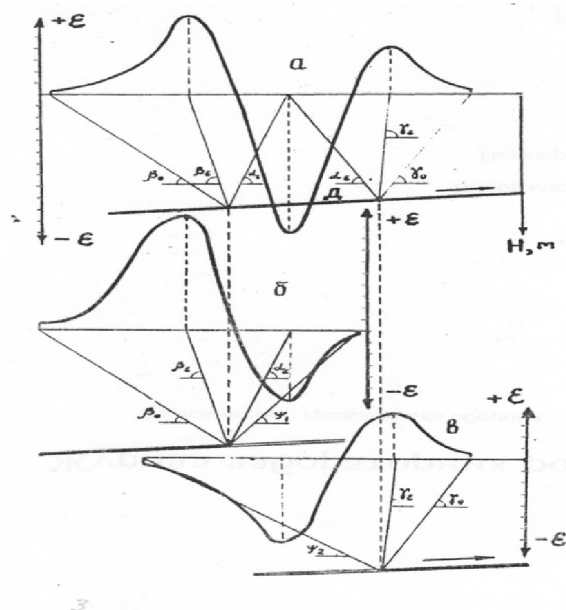


Рисунок 3 – Схема сложения горизонтальных деформаций сжатий: а - при D_1/H , равном $(0,6 - 0,7)$ Н; б - в полумульде над разрезной печью; в - над образующейся динамической полумульдой

При дальнейшем увеличении размеров выработанного пространства горизонтальные деформации сжатий и, аналогично, кривизна вогнутости на участке их концентрации уменьшаются более чем в 2 раза (рис. 2, кривая $-\epsilon$), поэтому без частотных наблюдений их суммирование долгое время оставалось незафиксированным. Аналогичные процессы установлены и по простиранию пласта при отношениях длины лавы (или спаренных лав) D_2 к глубине подработки H в интервале $0,6 \div 0,7$ как результат суммирования однозначных деформаций от двух образующихся полумульд: по простиранию пласта и обратном положительному направлению простирания пласта. В этих случаях уменьшение указанных суммарных деформаций происходит только при прохождении смежной лавы.

Опасных для сооружений деформаций первыми достигают сжатия $(-2 \cdot 10^{-3})$, затем наклоны $(4 \cdot 10^{-3})$ и, чуть позже, – растяжения $(2 \cdot 10^{-3})$, рис. 2) [5].

В образовавшейся динамической полумульде процесс сдвижения синхронно перемещается подобно волне над движущимся очистным забоем (рис. 4), где каждая точка земной поверхности в главном сечении мульды движется по определенной траектории (рис. 5), но скорость сдвижений и деформаций V_0 пропорциональна скорости подвигания очистного забоя C (рис. 6), а над разрезной печью увеличиваются горизонтальные сдвиги.

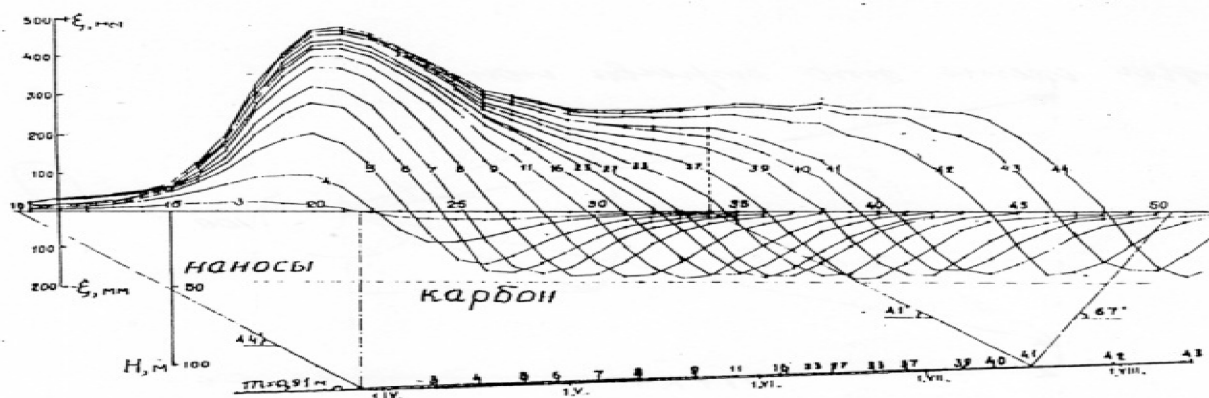


Рисунок 4 – Кривые горизонтальных сдвижений земной поверхности по станции № 13

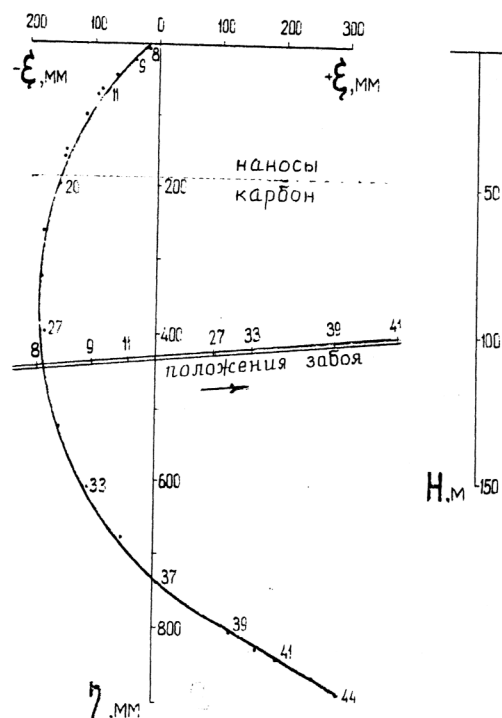


Рисунок 5 – Траектория полного вектора сдвижения грунтового репера № 36 станции № 13 над движущимся очистным забоем

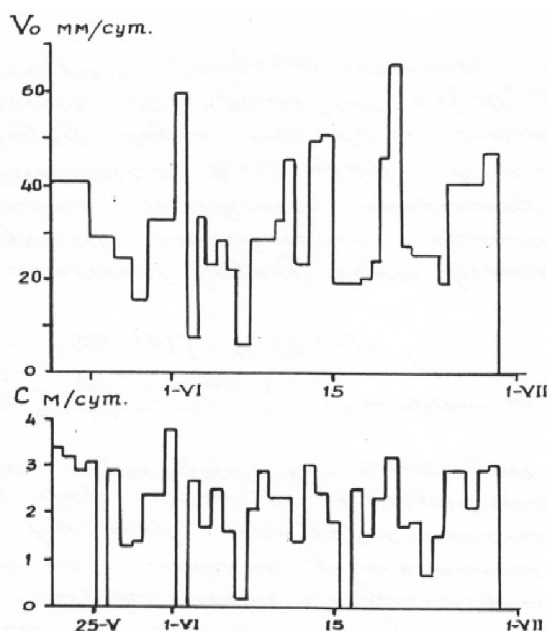


Рисунок 6 – Гистограммы скорости подвигания очистного забоя (C) и максимальной скорости оседания земной поверхности V_0 по станции № 13 шахты "Степная"

Увеличение наклонов и горизонтальных сдвижений после отношения D_1/H более 1,2 практически замедляется, а при D_1/H более 1,6 процесс сдвижения земной поверхности над разрезной печью заканчивается. Максимальное оседание репера № 46 при полной подработке с учетом дренирования обводненных наносов и депрессионной воронки (до 30 мм) составило 935 мм, что превышает вынимаемую мощность пласта $m = 0,92$ м под ним. Максимальные горизонтальные сдвижения достигли 480 мм, что составило 52% вынимаемой мощности пласта. Максимальные наклоны составили $17 \cdot 10^{-3}$, что более чем в 4 раза превышает опасные для сооружений. Максимальные горизонтальные деформации составили $12 \cdot 10^{-3}$, что в 6 раз превышает опасные для зданий и инженерных сооружений [5].

Выводы. По результатам равнооточных маркшейдерских наблюдений в горно-геологических условиях шахты "Степная" установлены закономерности и зависимости максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства D_1 в главном сечении мульды, что имеет практическое и научное значение. Научная новизна заключается в установленных точными натурными наблюдениями закономерностях, очередности появления и зависимостях максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства при постоянных горно-геологических условиях, длине лавы в течение общей продолжительности процесса сдвижения над движущимся очистным забоем при условии полной подработки.

Установленные закономерности и зависимости частично применимы в Центральном и Восточном Донбассе, где выполнить аналогичные натурные наблюдения весьма сложно, так как при глубинах более 300 м полной подработки по простиранию пласта от одной лавы не может быть, отработать панель двумя спаренными лавами затруднительно, а продолжительность процесса сдвижения и

трудоемкость наблюдений многократно увеличиваются.

Полученные достоверные результаты необходимы маркшейдерской службе шахт

и проектных организаций для выбора оптимальных мер охраны подрабатываемых сооружений земной поверхности.

Библіографічний список

1. Ларченко В.Г. Автоматическая наблюдательная станция для мониторинга смещений и деформаций горных пород / В.Г. Ларченко, О.М. Куценко, Ю.А. Маталкина // Сб. науч. трудов Дон ГТУ, 2015. — Вып. 1 (44). — С. 49–55.
2. Пат. 89230 и Украина, МПК GOIC 15/02. Запірна станція для досліджень деформацій товщі порід, що підробляється / В.Г. Ларченко, О.М. Куценко; заявник і патентовласник ДонДТУ. - и 2013 13815; заявл. 28.11.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. №7. — 4 с.
3. Пат. 35377 и Украина, МПК GOIC 3/08. Пристрій для вимірів горизонтальних і вертикальних деформацій товщі порід і споруд земної поверхні / В. Г. Ларченко, Н. В. Хоружая; заявник і патентовласник ДонДТУ. — и 2008 13815; заявл. 30.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. №17. — 4 с.
4. Пат. 47899 и Украина, МПК GOIC 3/08. Спосіб підвищення точності спостережень за горизонтальними деформаціями земної поверхні і споруджень, які підробляються / В. Г. Ларченко, Н. В. Хоружая; заявитель і патентовласник ДонДТУ. — и 2009 09875; заявл. 28.09.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. №4. — 4 с.
5. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом // М-во палива та енергетики України. — Київ, 2004. — 127 с.
6. Методические указания по наблюдениям за смещением пород и за подрабатываемыми сооружениями / Л-д, ВНИМИ, 1978. — 183 с. — (М-во угол. пром-ти СССР ВНИМИ).

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Литвинским Г.Г.,
Главным маркшейдером шахты им. XIX съезда КПСС Кияненко Н.А.**

Статья поступила в редакцию 20.05.16.

к.т.н. Ларченко В.Г., Коваленко О.В., Маталкіна Ю.А. (ДонДТУ, м Алчевськ, ЛНР)

ЗАЛЕЖНІСТЬ МАКСИМАЛЬНИХ ЗРУШЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ВІД ШИРИНИ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ

За результатами натурних спостережень в гірничо-геологічних умовах шахти Західного Донбасу встановлена залежність максимальних зрушень і деформацій земної поверхні від ширини виробленого простору.

Ключові слова: максимальні осідання, нахили, горизонтальні зрушення і деформації земної поверхні, натурні спостереження, ширина виробленого простору, залежність.

PhD in Engineering Larchenko V.G., Kovalenko E.V., Matalkina Yu.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DEPENDENCE OF MAXIMUM SHIFT AND EARTH CRUST DEFORMATION ON WIDTH OF WORKED-OUT AREA

On the basis of naturalistic observations at geological mine conditions in western Donbass the dependence of maximum shift and earth crust deformation on width of worked-out area is determined.

Key words: maximum setting, incline, horizontal shift and earth crust deformation, naturalistic observations, width of worked-out area, dependence.