

Н.А. Бугаёва, аспирант кафедры маркшейдерского дела Донецкого национального технического университета

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ, НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ И АНАЛИЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДРУГИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

подавляющее большинство методик расчета параметров деформаций земной поверхности основаны на применении эмпирических методов [1, 2]. Однако существующая методика содержит недостатки, которые в данном случае связаны с использованием коэффициента перегрузки при определении расчетных значений оседаний и деформаций земной поверхности [3]. В связи с этим автором было выполнено стохастическое моделирование для проверки влияния вариации физико-механических свойств горных пород на процесс сдвижения [4, 5], выполнены натурные измерения сдвижений земной поверхности [3], проведен анализ результатов других исследователей.

В данной статье приведено сопоставление результатов натурных измерений с модельными результатами и данными других исследователей.

На рис. 1 показано распределение оседаний земной поверхности при изменении всех физико-механических свойств пород одновременно при выполнении стохастического моделирования. Из рисунка видно, что наибольшая величина разброса случайных отклонений максимальна над средней частью выработанного пространства и составляет 150% ( $\pm 75\%$ ) по отношению к максимальному оседанию, определенному в центре мульды. На переходе от выработанного пространства к массиву амплитуда разброса случайных отклонений уменьшается до значений 60-85% ( $\pm 30-40\%$ ).

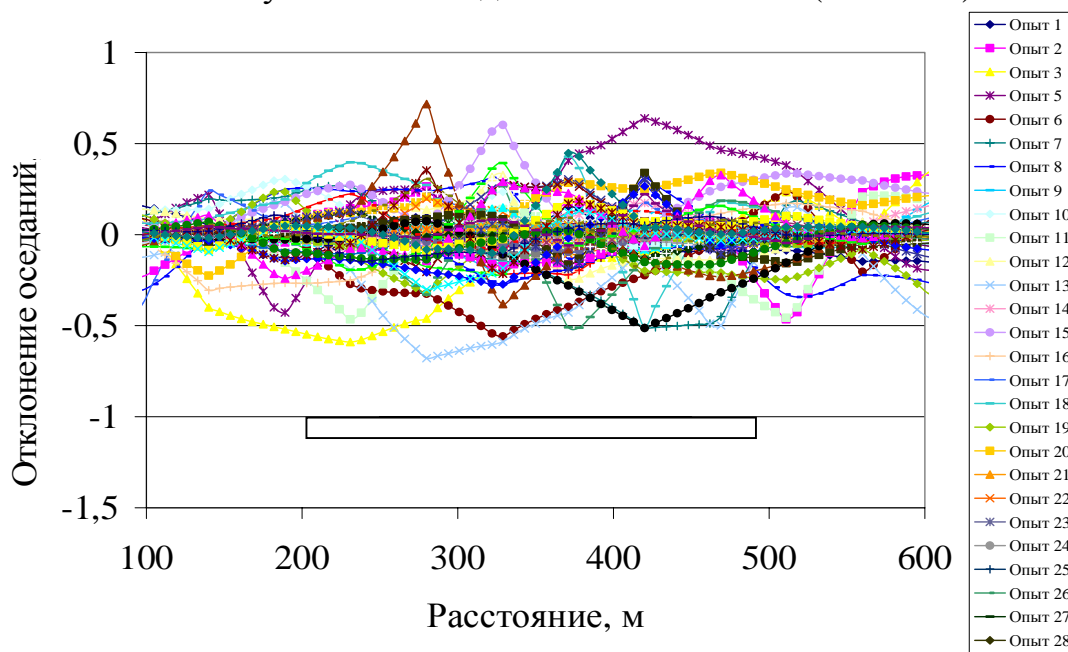
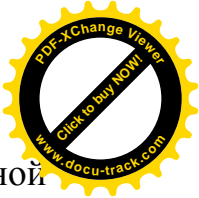
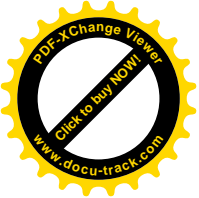


Рис. 1. Распределение величин отклонений оседаний земной поверхности с изменением всех физико-механических свойств пород



При натуральных измерениях выполнялся мониторинг сдвижений земной поверхности при её подработке. Расположение профильной линии позволяет проследить за отклонениями оседаний над краевой частью мульды и над центром выработанного пространства. На рис. 2 приведен график отклонений оседаний вдоль профильной линии от линий тренда. По данному графику видно, что отклонение оседаний принимает максимальное значение над центром лавы и составляет  $\pm 40\%$ , а при переходе к краевым частям (причем в обе стороны относительно центра лавы) величины отклонений уменьшаются до  $\pm 14\%$ .

Таким образом, натурные измерения подтверждают полученные теоретические выводы исследований приобретенных с помощью стохастического моделирования, заключающиеся в том, что отклонение оседаний имеет место вдоль всей мульды сдвижения, причем максимальное значение в центре лавы.

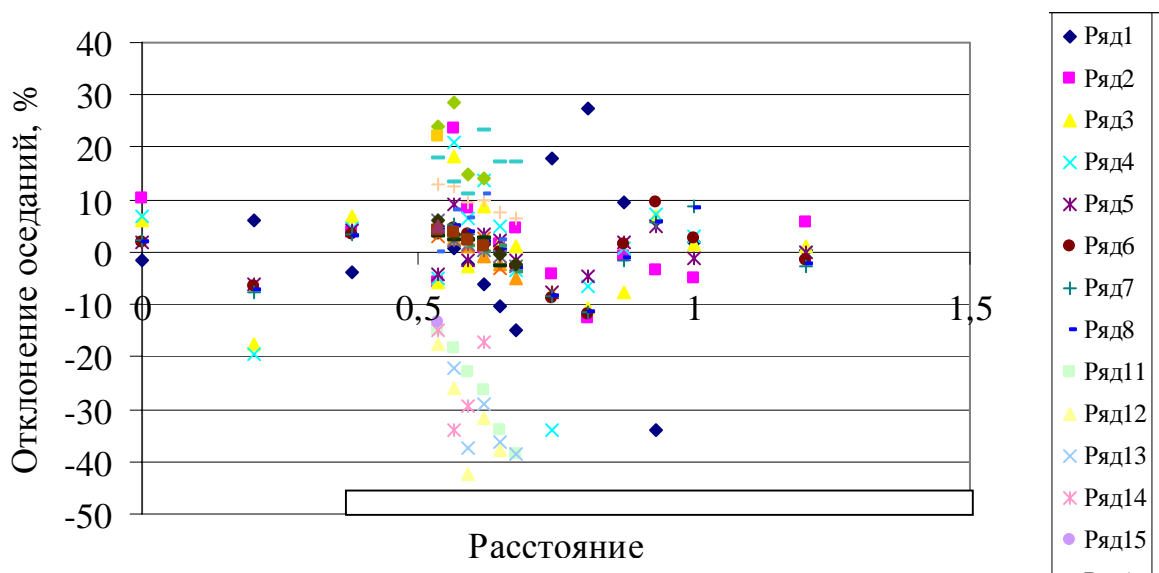
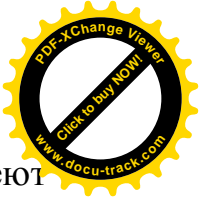
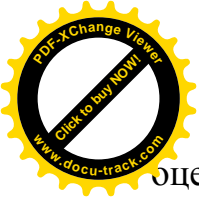


Рис. 2. График отклонений оседаний вдоль профильной линии

Для анализа результатов полученных другими исследователями было рассмотрено 15 станций, 22 профильных линий, диапазон длин лав при этом составил 60-1050 м, вынимаемая мощность – 0,55-3,5 м, глубина разработки угольного пласта – 80-1000 м, угол падения 5-18°. Для повышения достоверности целесообразно собрать все данные в одну выборку. Полученные данные необходимо было нормировать.

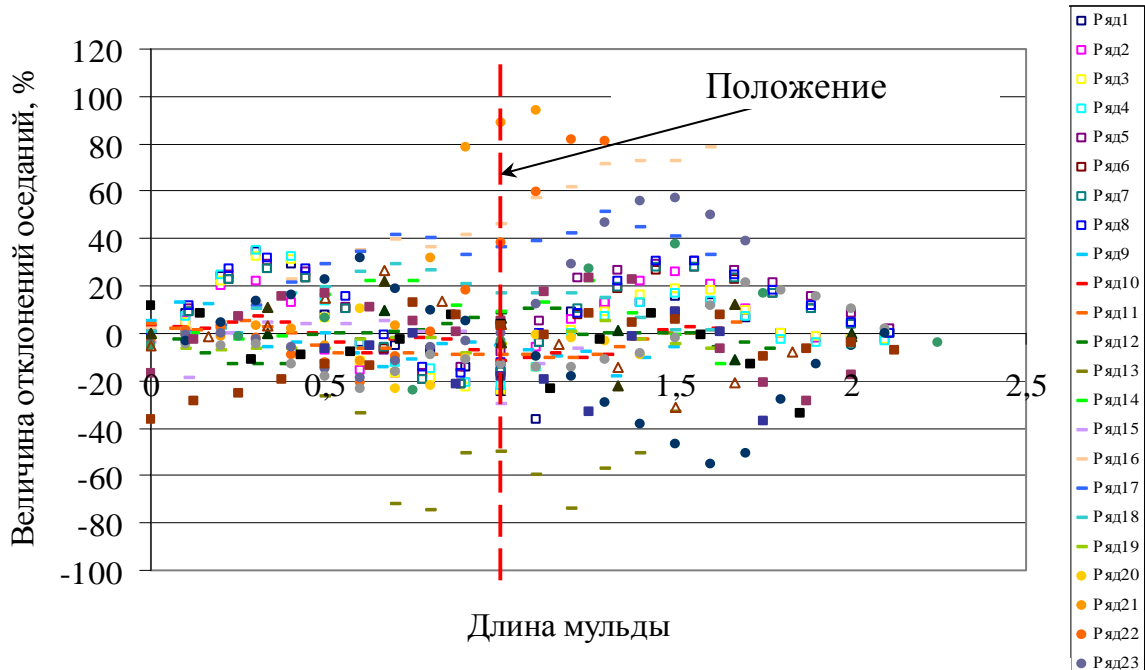
При использовании данных других исследователей разброс находился двумя методами. В первом случае разброс рассчитывали между фактическими результатами измерений и расчетными мульдами, полученными по нормативным методам. Во втором случае разброс отклонений оседаний и параметров деформаций находили между фактическими данными и лучшими аппроксимациями мульд, которые предлагали авторы статей. Это гарантирует, во-первых, что если разброс и был, то мы получили его минимально возможные



оценки, а во-вторых, что оценки разбросов являются достоверными и не имеют регулярной ошибки.

На рис. 3 приведено распределение отклонений оседаний земной поверхности вдоль профильных линий. В данном случае центр лавы всегда находился на уровне 1 по оси X.

Из рисунка видно, что над центром выработанного пространства разброс фактических оседаний от расчетных достигает значений  $\pm 40-50\%$ , а при переходе к массиву данный разброс уменьшается до показателей  $\pm 20\%$ . Наблюдаются единичные случаи, когда отклонение фактического значения от расчетного достигает значений  $\pm 80-100\%$ .



*Рис. 3. Распределение отклонений оседаний земной поверхности, полученных по результатам других исследователей*

На рис. 4 показан график отклонений оседаний земной поверхности, полученные при совместном анализе результатов других исследователей, стохастического моделирования и результатов полученных в ходе натурных измерений. На данном рисунке можно выделить область отклонений оседаний, где над центром выработанного пространства разброс оседаний составляет  $\pm 40-50\%$ , а при переходе к краю мульды сдвижения данный разброс уменьшается до значений  $\pm 20\%$ .

На рисунках 5-6 показаны гистограммы распределения случайных отклонений оседаний построенные по сечениям в центре выработанного пространства и на краевых частях по данным с рис. 4. Данные гистограммы подтверждают, что максимальный разброс оседаний наблюдается над центром выработанного пространства, а на краях полумульды минимален, но не равен нулю. При этом среднеквадратическое отклонение составляет 27% в центральной части выработанного пространства и 8% на краю мульды.

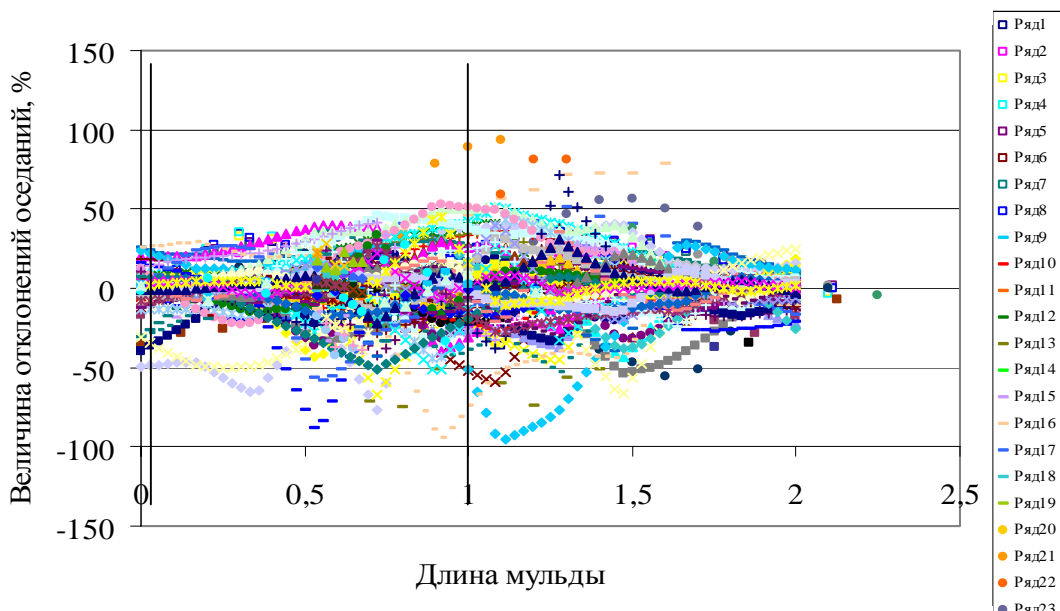


Рис. 4. Совместное распределение отклонений оседаний земной поверхности

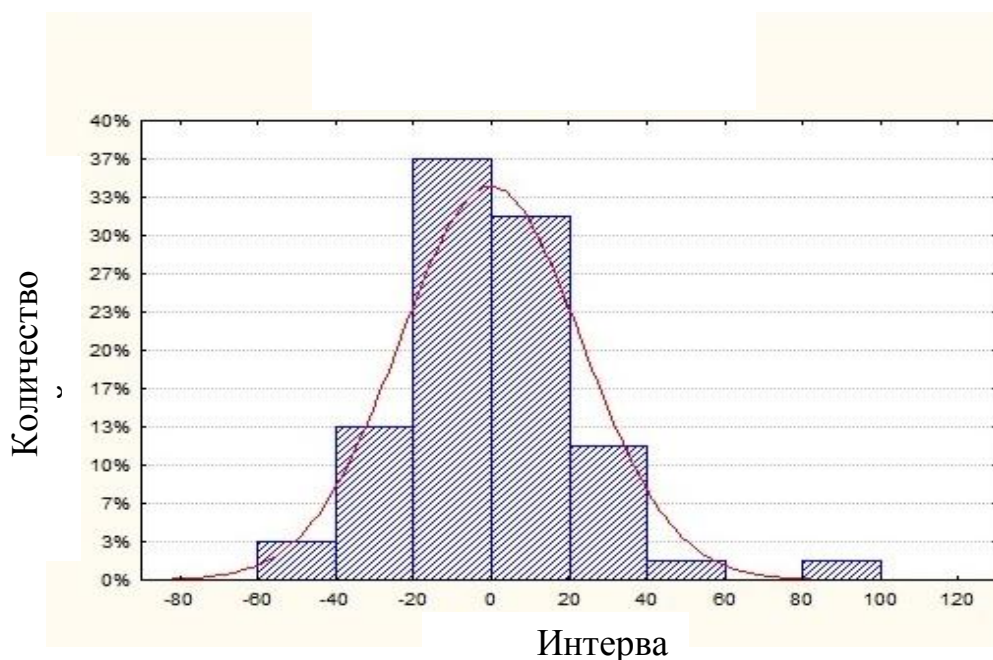


Рис. 5. Распределение случайных отклонений оседаний по разрезу AA на рис. 4

Таким образом, можно сказать с высокой достоверностью, что наблюдается следующая закономерность - максимальный разброс имеет место над центром выработанного пространства, а на краях полумульды минимален, но не равен нулю.

Вышеуказанные операции были проделаны для наклонов и кривизны, в результате чего наблюдается такая же закономерность разброса.

Далее для построения контура доверительных интервалов отклонений оседаний, наклонов и кривизны использовалась формула огибающей разброса  $\Delta S$ , которая имеет следующий вид:

$$\Delta S = \pm A / (B + C * x^2) \quad (1)$$

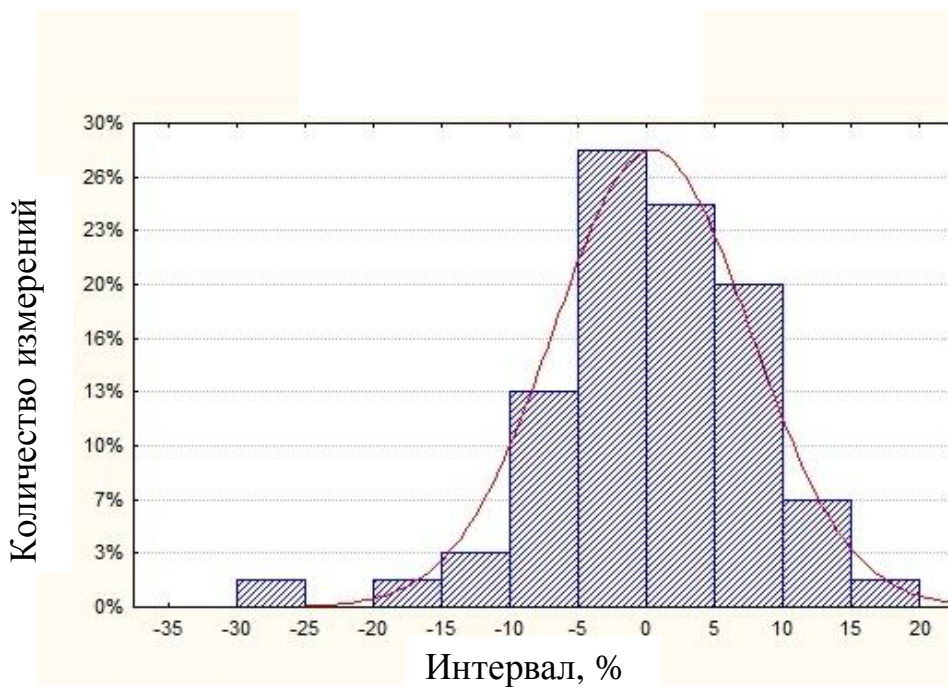


Рис. 6. Распределение случайных отклонений оседаний по разрезу ВВ на рис. 4

В таблице 1 приведены эмпирические коэффициенты, которые используются в зависимости (1) для описания S-образных форм доверительных двухсторонних интервалов разброса.

Таблица 1

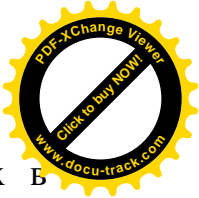
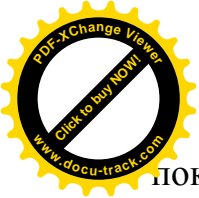
Итоговая таблица эмпирических коэффициентов для одного среднеквадратического отклонения

№ п/п	Вид деформации	Эмпирические коэффициенты		
		A	B	C
1	Оседания	2,85	9	20
2	Наклоны	5,58	9	20
3	Кривизна	11	9	20

На рис. 7 показаны огибающие распределений величины разброса оседаний, наклонов и кривизны. В результате построения данных огибающих, получаем доверительный интервал двухсторонних отклонений, который дает возможность с заданной достоверностью определить возможную величину вариации оседаний, наклонов, кривизны в любой точке мульды сдвижений.

Величина максимального разброса в таком случае для оседаний составляет 32% , для наклонов 62%, а для кривизны 122% в средней части выработанного пространства. Причем на краю мульды сдвижений все





показатели составляют примерно треть от максимальных, наблюдаемых в центре лавы.

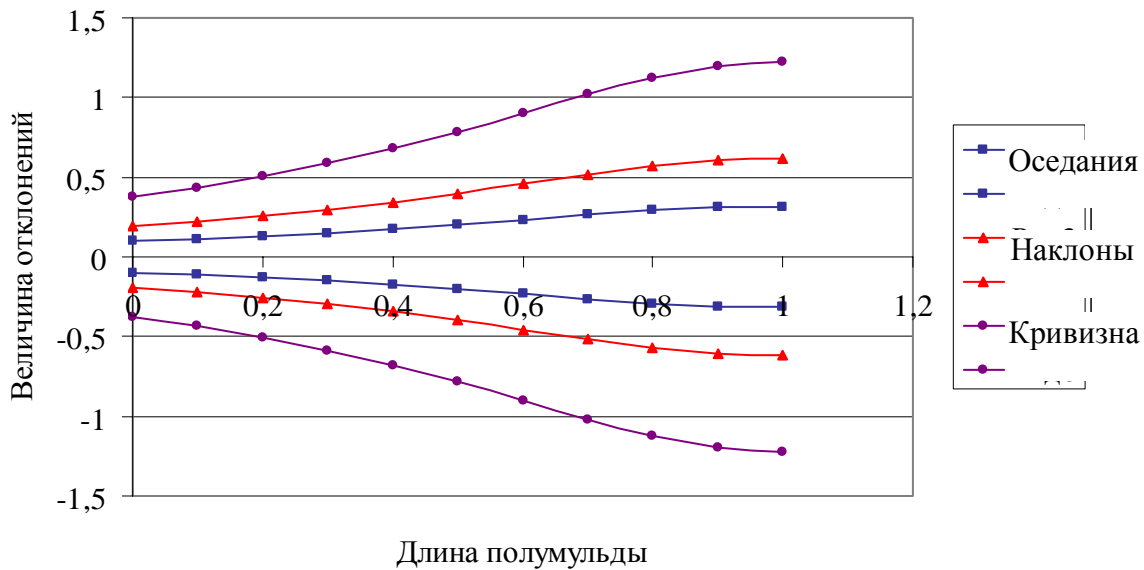


Рис. 7. Огибающие распределений величины разброса оседаний, наклонов и кривизны

## ВЫВОДЫ

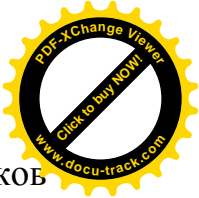
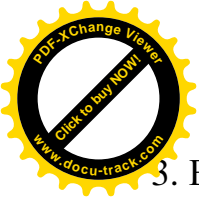
На основании анализа генеральной статистической выборки данных, полученной по результатам стохастического моделирования, инструментальных наблюдений выполненных автором, а также результатами независимых натуральных экспериментов, осуществленных другими исследователями, установлены окончательные параметры естественного разброса величин оседаний и деформаций земной поверхности.

При этом разброс отклонений оседаний над центром выработанного пространства  $\pm 40-50\%$ , а при переходе к краю мульды сдвижения данный разброс уменьшается до значений  $\pm 20\%$ . Максимальное отклонение наклонов достигает величин  $\pm 70\%$  в центре выработанного пространства и  $\pm 50\%$  на краю мульды, а максимальное отклонение кривизны приходится на центр лавы и составляет  $\pm 200\%$ , а на краевых частях он равен  $\pm 80\%$ .

Таким образом, можно сказать, что над средней частью лавы разброс оседаний заметно больше, чем на краевых участках, хотя на краевых участках мульды разброс не является нулевым.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом – Киев: Минтопэнерго Украины, 2004 – 128 с.
2. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений; Пер. с нем. под ред. Р.А. Муллера и И.А. Петухова. – М.: Недра, 1978. – 496 с.



3. Бугаєва Н.А., Грищенко Н.Н., Назимко И.В., Прокопенко А.И., Сотников Д.Н., Яковенко С.М., Нечипорук А.В., Назимко В.В. Установление особенностей распределения отклонений оседаний земной поверхности при выполнении натуральных измерений. - Проблемы гірського тиску. Збірник наукових праць №18/Під заг. ред. О.А. Мінаєва - Донецьк, ДонНТУ, 2010 – 38-56с.
4. Бугаєва Н.А., Назимко В.В. Особенности распределения стохастических отклонений оседаний земной поверхности при её подработке одиночной лавой. - Проблемы гірського тиску. Збірник наукових праць №16/Під заг. ред. О.А. Мінаєва - Донецьк, ДонНТУ, 2008 – 194-237с.
5. Бугаєва Н.А., Яремчук Е.В., Назимко В.В. Определение параметров деформаций земной поверхности по стохастическим мульдам оседания. - Проблемы гірського тиску. Збірник наукових праць №17/Під заг. ред. О.А. Мінаєва - Донецьк, ДонНТУ, 2009 – 192-225с.

**О.Г. Аверіна, магістр кафедри маркшейдерії ДонДТУ**

**ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІДНОШЕННЯ ШИРИНИ  
ВИРОБНИЧОГО ПРОСТОРУ ДО ГЛИБИНИ ПІДРОБКИ НА  
ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В  
ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ШАХТИ ХІХ З'ЇЗДУ  
КПРСИ ДП «ЛУГАНСЬКВУГІЛЛЯ»**

При розробці родовищ корисних копалин під впливом порожнеч, що утворюються в гірському масиві, осушення порід відбувається зміна напруженого стану гірських масивів, порушення рівноваги, переміщення і деформація, що вміщують корисні копалини порід.

Зрушення і деформація земної поверхні викликає деформацію розташованих на вугленосних територіях різних споруд і об'єктів, надають на них несприятливу дію.

Тривалі спостереження за підробкою об'єктів показали, що при дотриманні певних умов можлива підробка об'єктів без порушення їх нормальної експлуатації. Такими умовами є, наприклад: значна глибина розробки, спеціально розроблені раціональні способи виїмки корисних копалин, устаткування об'єктів перед підробкою спеціальними конструктивними заходами і ін.

Для вирішення вищезгаданих проблем необхідні знання закономірностей розвитку процесу зрушення товщі гірських порід і земної поверхні, усестороннього вивчення проявів цього процесу, уміння проводити розрахунки величин зрушень і деформацій.[1]