

УДК 622.837

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

ЗАВИСИМОСТЬ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ОСНОВНЫХ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

Установлена зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины подработки, размеров выработанного пространства и марок угля.

Ключевые слова: максимальные оседания земной поверхности, глубина подработки, размеры выработанного пространства, зависимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Развитие горной науки, решение таких практических вопросов, как охрана вскрывающих, капитальных и подготовительных выработок, инженерных сооружений и природных объектов земной поверхности, выбор рациональных способов управления горным давлением, газодинамикой, водопритоками при разработке свиты угольных пластов, требуют знаний параметров процесса сдвижения горных пород, что многократно отмечалось многими учеными, в том числе [1-4].

Наиболее достоверно определить параметры сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород можно только комплексными натурными систематическими наблюдениями, включающими наблюдения за глубинными реперами, заложенными в подрабатываемой толще горных пород, в горных выработках и на земной поверхности.

Но ввиду труднодоступности и большой трудоемкости натурные наблюдения в подрабатываемой толще пород являются редкими, единичными [5, 6]. С целью многократного снижения трудоемкости и повышения точности натурных наблюдений авторами разработана конструкция автоматизированной наблюдательной станции [7], но в связи с создавшейся ситуацией заложить её не представляется возможным.

С увеличением глубины горных работ все больше сооружений, коммуникаций и

природных объектов попадает в зону влияния очистных работ, что, в соответствии с действующими «Правилами охраны...» [8], обязывает маркшейдерскую службу шахт с привлечением специальных организаций решать вопрос выбора эффективных мер охраны подрабатываемых объектов.

Поэтому определение зависимости параметров сдвижений и деформаций земной поверхности от основных определяющих факторов является актуальной научной и практической задачей для угольной отрасли.

Постановка задачи.

Задача исследований – установить зависимости максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины подземной разработки угольных пластов, ширины выработанного пространства и марок угля, дифференцировать зависимость основных параметров сдвижений и деформаций горных пород от главных определяющих факторов.

Изложение материала и его результаты.

Известно [8, 9], что чем больше глубина очистных работ H , тем меньше величины и скорость [10] сдвижений и деформаций земной поверхности, которые так же зависят от вынимаемой мощности пластов m [9, 11], ширины выработанного пространства D [12], угла падения пластов, крепости пород, литологии, степени нарушенности покрывающей толщи, марки угля, способа управления кровлей.

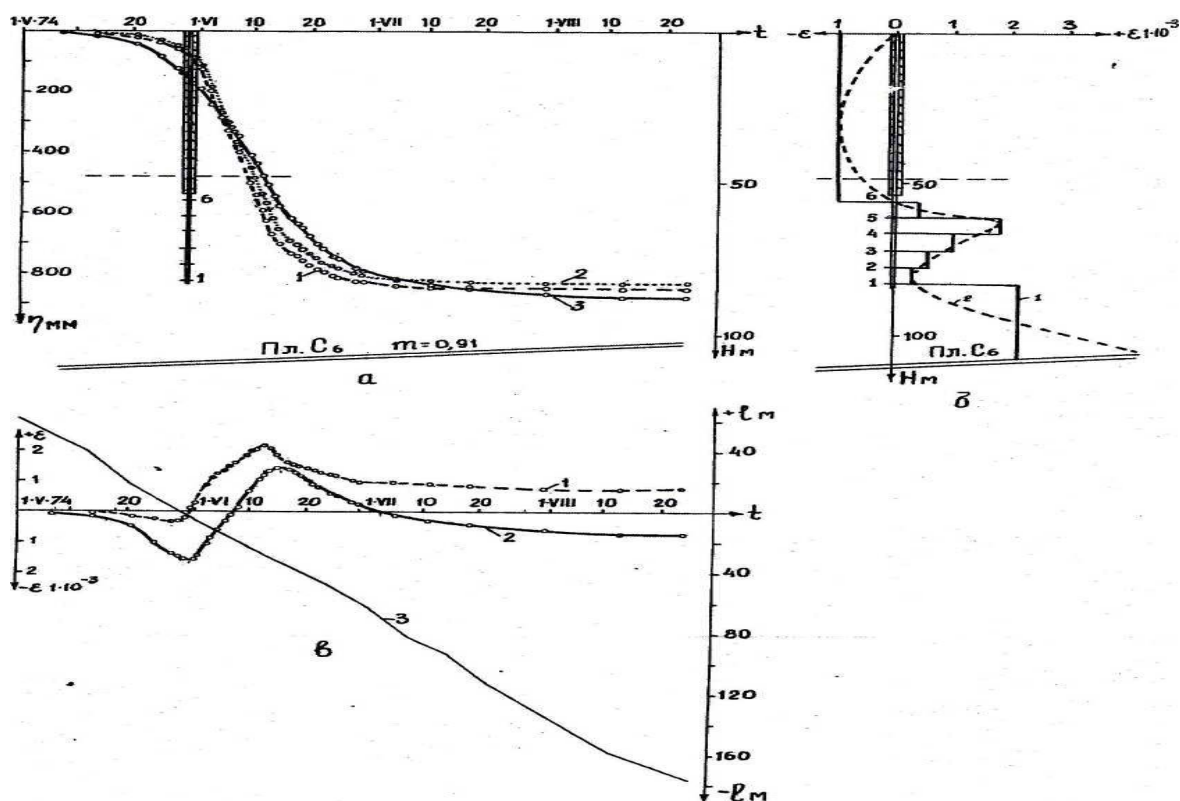
С увеличением глубины подработки увеличиваются размеры мульды сдвиге-

ния земной поверхности, вычисленные в соответствии с «Правилами охраны...» [8], продолжительность процесса сдвижения [10], а значит, все больше сооружений и коммуникаций попадает в зону влияния очистных работ.

Согласно «Инструкции...» [13] инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности обязательны при подработке уникальных и водных объектов, железных дорог, дамб, плотин, подкрановых путей, сварных трубопроводов. Это большой объем работ для маркшейдерской службы шахт. А всегда ли необходимы маркшейдерские наблюдения? Какие сдвижения и деформации испытывают земная поверхность и подрабатываемые объекты на больших глубинах и при различной степени подработанности?

В действующих «Правилах...» [8] приведена методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при глубинах ее подработки до 1000 м. Но на ряде шахт очистные работы ведутся уже на значительно больших глубинах. Возникла практическая необходимость дифференцировать влияние глубины подработки из многофакторной зависимости максимального оседания земной поверхности.

Решение этой задачи выполнялось методом натуральных инструментальных наблюдений на земной поверхности и за глубинными реперами, заложенными в пробуренные с земной поверхности вертикальные скважины в главном сечении мульды на участках плоского дна [6,10–12] (рис.1, 2).



a – оседания глубинных реперов (1, 2) и земной поверхности (3);
б – остаточные деформации после окончания процесса сдвижения;
в – деформации толщи карбона (1) и четвертичных отложений (2)
над движущимся очистным забоем (3)

Рисунок 1 Графики сдвижений и деформаций подработанной толщи пород по станции № 13 шахты «Степная»

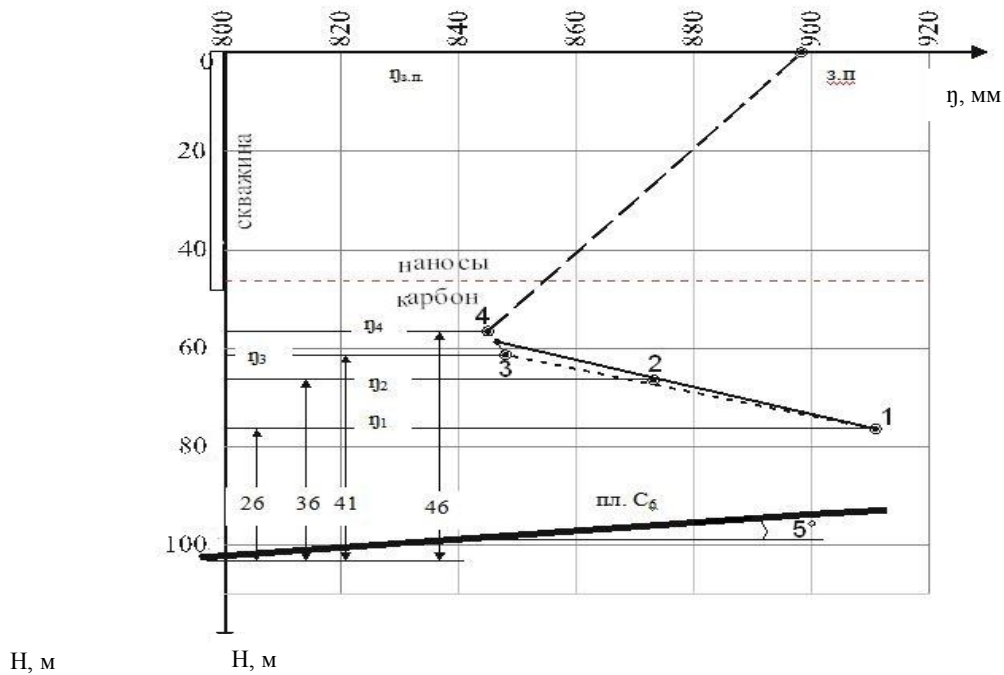


Рисунок 2 Максимальные оседания глубинных реперов по станции №12 шахта «Степная»

Также использовался метод конечных элементов [14] (рис. 3) и расчет максимальных оседаний η_m в соответствии с «Правилами охраны...» [8] в зависимости от глубины разработки H в интервале 100–1500 м и марок угля (относительной величины максимального оседания q_0) при вынимаемой мощности пласта $m=1$ м, угле падения $\alpha=5^\circ$, $D_1=200$ м, $D_2=1200$ м (табл. 1, рис. 4).

Таблица 1

Зависимость η_m от H

H, м	η_m , мм			
	$q_0=0,75$	$q_0=0,8$	$q_0=0,85$	$q_0=0,9$
100	747	797	847	897
200	567	659	700	741
300	441	505	536	568
400	388	414	440	466
500	325	354	376	398
600	277	315	335	354
700	241	289	307	325
800	213	273	290	307
900	190	264	280	297
1000	169	262	278	295
1100	134	230	244	259
1200	102	202	215	227
1300	70	179	190	201
1400	31	159	169	179
1500	0	140	149	157

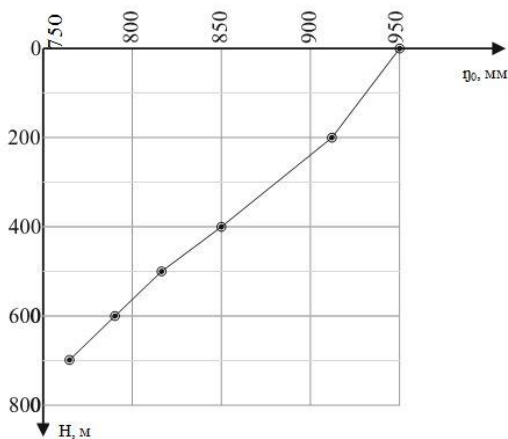
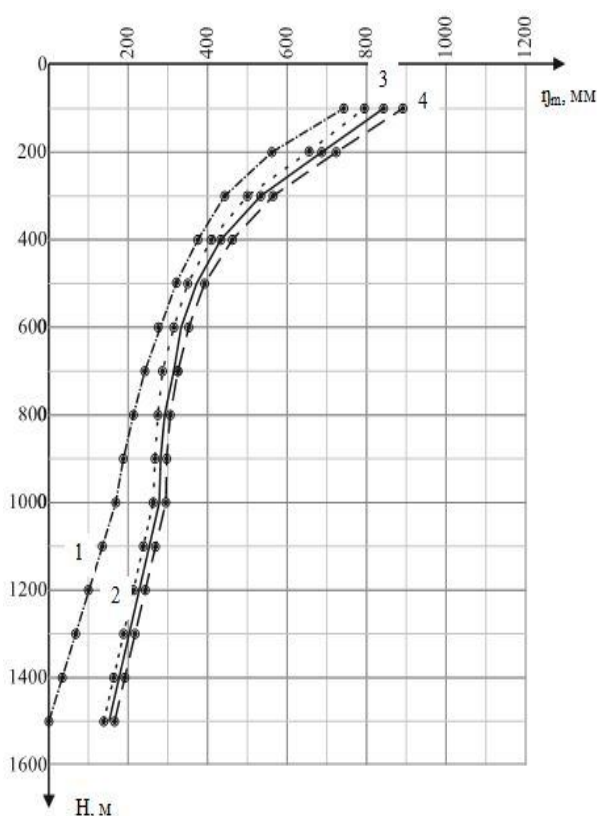


Рисунок 3 График зависимости максимального оседания η_0 от глубины H (при условии полной подработки и $m=1$ м)



1 - при $q_0=0.75$; 2 - при $q_0=0.8$; 3 - при $q_0=0.85$;
4 - при $q_0=0.9$

Рисунок 4 График зависимости максимального оседания η_m от глубины подработки H , м

В районах залегания антрацитов $q_0=0,75$, углей марок Ж, К, ОС, Т, и Д-Г при отношении мощности четвертичных отложений h к глубине H менее или равном $0,3$, $q_0=0,8$. При $h/H > 0,3$ и марках угля Д-Г $q_0=0,85$. В Западном Донбассе и при повторных подработках в Львовско-Волынском бассейне $q_0=0,9$.

$$\eta_m = q_0 * m * \cos \alpha * N_1 * N_2, \text{ м}, \quad (1)$$

где q_0 – относительная величина максимального оседания [8]; N_1 и N_2 – коэффициенты, характеризующие степень подработанности земной поверхности, по падению и по простиранию пласта соответственно.

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_1}{H} + \Delta D_n + \Delta D_e \right)}; \quad (2)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_2}{H} + \Delta D_{np} + \Delta D_{opr} \right)}, \quad (3)$$

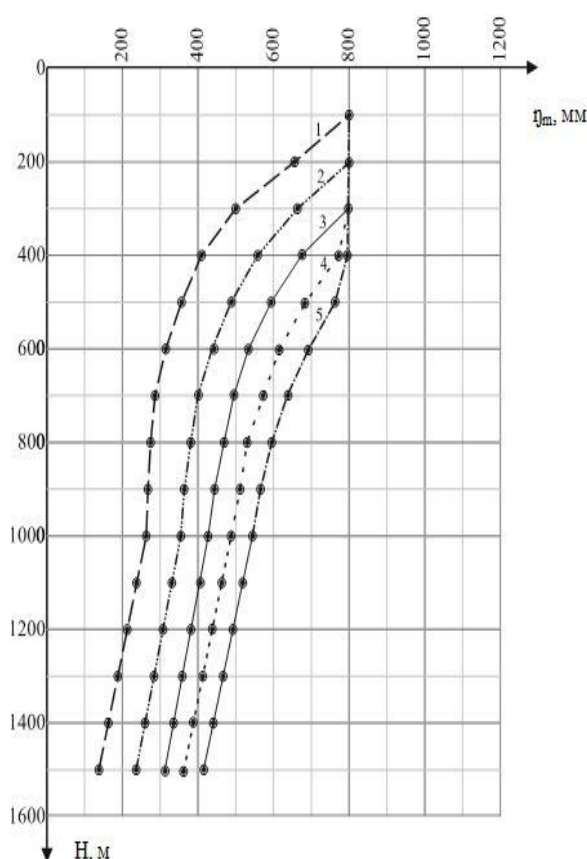
где, ΔD_n , ΔD_e , ΔD_{np} , ΔD_{opr} – поправки к относительной длине лавы за счет целика соответственно со стороны падения, восстания, простирания и обратной простиранию. Значения поправок приведены в «Правилах охраны...» [8].

Также, в соответствии с «Правилами охраны...» [8], выполнен расчет максимальных оседаний η_m от глубины H и размеров выработанного пространства по линии падения пласта $D_1=200$ м, $D_1=300$ м, $D_1=400$ м (две спаренные лавы по 200 м), $D_1=500$ м (две спаренные лавы по 250 м), $D_1=600$ м (две лавы по 300 м) в постоянных горно-геологических условиях: вынимаемая мощность пласта $m=1$ м, угол падения $\alpha=5^\circ$, способ управления кровлей – полное обрушение, размер выработанного пространства по простиранию $D_2=2000$ м, $q_0=0,8$ (табл. 2, рис. 5).

Таблица 2

Зависимость η_m от D_1 (по методике [8])

H, м	η_m , мм, ($q_0 = 0,80$, $D_2=2000$ м)				
	$D_1=200$ м	$D_1=300$ м	$D_1=400$ м	$D_1=500$ м	$D_1=600$ м
100	797	797	797	797	797
200	659	797	797	797	797
300	505	668	797	797	797
400	414	560	676	775	797
500	354	490	595	685	764
600	315	441	538	620	693
700	289	406	497	573	640
800	273	382	466	537	600
900	264	365	444	510	569
1000	262	355	428	490	545
1100	230	332	403	463	516
1200	202	312	380	438	490
1300	179	294	361	417	467
1400	159	277	343	398	446
1500	140	262	327	380	428



1 - при $D_1=200$; 2 - при $D_1=300$; 3 - при $D_1=400$;
4 - при $D_1=500$; 5 - при $D_1=600$, $D_2=2000$ м, $\alpha=5^\circ$,

Рисунок 5 – Графики зависимости максимального оседания η_m от глубины подработки H и размеров выработанного пространства D_1

Этим мы исключаем влияние других определяющих факторов, что позволяет выделить зависимость максимального оседания η_m от марок угля, глубины H (рис. 4) и от длин лавы (или спаренных лав) D_1 (рис. 5).

Анализ рисунков 1-5 и таблиц (1, 2) позволяет сделать выводы: подтверждается общепринятое положение, что с увеличением глубины разработки уменьшаются относительные величины максимальных оседаний земной поверхности; на малых глубинах (до 200 м) зависимость η_m от H проявляется в большей степени (рис. 1, 2); зависимость η_m от марок угля (степени метаморфизма пород) - незначительная (рис. 4); размеры выработанного пространства больше влияют на величину оседания зем-

ной поверхности при глубине подработки 500 м (рис. 5); наибольшее влияние в принятых горно-геологических условиях на η_m оказывает глубина подработки H .

Причем влияние H на η_m является приоритетным, однозначным, но не прямолинейным. При глубине 1000 м на рисунках 4 и 5 отмечается изменение количественной зависимости η_m от H , что свидетельствует о недостаточной изученности влияния H на η_m на больших глубинах. При длине лавы $D_1=200$ м на глубине 1500 м при добыче антрацита ($q_0=0,75$) процесс сдвижения от одной лавы не достигает земной поверхности ($\eta_m=0$) (табл. 1, рис. 4, кривая 1).

Наклоны, кривизна и горизонтальные деформации земной поверхности прямо пропорциональны η_m и обратно пропорциональны длине полумульды L , которая, в соответствии с действующей методикой [8], пропорциональна H . То есть, зависимость деформаций земной поверхности будет аналогична зависимости η_m от H .

Из рисунка 4 видно, что в более крепких породах ($q_0=0,75$) максимальные оседания η_m на всех глубинах меньше (кривая 1), чем в слабых породах при постоянных остальных факторах, что соответствует общепринятой теории. С увеличением глубины увеличивается и прочность пород, значит, должно более интенсивно уменьшаться относительное максимальное оседание, чего не скажешь по результатам анализа (табл. 1, рис. 4). Напрашивается вывод о недостаточной изученности влияния H на η_m и надежности действующей методики расчета [8] при больших глубинах разработки угольных пластов.

Выводы и направление дальнейших исследований.

На основании проведенных исследований установлена зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины разработки угольных пластов, длин лав, марок угля. Результаты исследований указывают на необходимость качественных натуральных наблюдений при подработке земной поверхности на больших глуби-

нах или мониторинга сдвижений и деформаций с помощью автоматизированной наблюдательной станции [7], необходимость совершенствования методики расчета ожидаемых сдвижений и деформаций [8] при глубинах более 1000 м.

В дальнейшем планируется выполнить расчет максимальных оседа η_m для всех марок угля аналогично таблице 2 и рисун-

ку 5 при различных длинах лав, подготовить номограмму η_m и дать результаты в табличной форме, что будет полезно для маркшейдеров-производственников и студентов при планировании очистных работ под сооружениями и коммуникациями земной поверхности.

Библиографический список

1. Авершин, С. Г. Некоторые задачи теории сдвижения горных пород под влиянием подземных разработок [Текст] / С. Г. Авершин // Сдвижение горных пород. — Ленинград : ВНИМИ, 1963. — С. 9–19.
2. Акимов, А. Г. Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений [Текст] / А. Г. Акимов, В. Н. Земисев. — М. : Недра, 1970. — 224 с.
3. Земисев, В. Н. Расчеты деформаций горного массива [Текст] / В. Н. Земисев. — М. : Недра, 1973. — 144 с.
4. Кулибаба, С. Б. Прогноз сдвижений и деформаций подрабатываемого породного массива [Текст] / С. Б. Кулибаба // Уголь Украины. — 2000. — № 1. — С. 41–43.
5. Канлыбаева, Ж. М. Метод наблюдения за сдвижением горных пород в толще массива с помощью радиоактивных изотопов [Текст] / Ж. М. Канлыбаева, Ф. И. Клиновицкий, М. К. Сарсенов. — Алма-Ата : Наука, 1973. — 163 с.
6. Ларченко, В. Г. Сдвижение и деформации подработанной толщи горных пород [Текст] / В. Г. Ларченко // Изв. вузов: Горный Журнал. — 1977. — № 10. — С. 36–39.
7. Ларченко, В. Г. Автоматическая наблюдательная станция для мониторинга сдвижений и деформаций горных пород [Текст] / В. Г. Ларченко, О. М. Куценко, Ю. А. Маталкина // Сб. науч. трудов Дон ГТУ. — 2015. — Вып. 1 (44). — С. 49–55.
8. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом [Текст] // М-во палива та енергетики України. — Київ, 2004. — 127 с.
9. Ушаков, И. Н. Маркшейдерское дело [Текст] : учебник для вузов, часть 2 / И. Н. Ушаков, А. Н. Белоликов, В. Н. Земисев и др. — М. : Недра, 1989. — 437 с.
10. Ларченко, В. Г. Влияние глубины разработки на скорость и продолжительность процесса сдвижения горных пород в условиях Западного Донбасса [Текст] / В. Г. Ларченко // Добыча угля подземным способом. — М. : ЦНИЭН уголь, 1977. — № 12. — С. 46–48.
11. Ларченко, В. Г. Практические результаты исследований деформации земной поверхности при отработке свиты пологих угольных пластов [Текст] / В. Г. Ларченко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2009». — Днепропетровск : НГУ, 2009. — С. 222–230.
12. Ларченко, В. Г. Зависимость максимальных сдвижений и деформаций от ширины выработанного пространства [Текст] / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сб-к научных трудов ДонГТУ. — 2016. — Вып 3(46). — С. 30–35.
13. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах [Текст]: Інструкція / М. Є. Копланець та ін. — Донецьк : ТОВ «А...», 2001. — 264 с.
14. Ларченко, В. Г. Определение зависимости параметров сдвижений и деформаций подработанной толи пород от определяющих факторов методом конечных элементов [Текст] / В. Г. Ларченко, О. А. Черных // Вестник МАНЭБ. — Санкт-Петербург, 2006. — № 22. — С. 16–24.

© Ларченко В. Г.

© Маталкина Ю. А.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А., гл. маркшейдером ш. «XIX съезда КПСС» Кияненко Н. А.

Статья поступила в редакцию 22.11.16.

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

ЗАЛЕЖНІСТЬ МАКСИМАЛЬНОГО ОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ВІД ОСНОВНИХ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ЧИННИКІВ

Встановлено залежність максимальних осідань земної поверхні від глибини підробки, розмірів виробленого простору і марок вугілля.

Ключові слова: *максимальні осідання земної поверхні, глибина підробки, розміри виробленого простору, залежність.*

PhD Larchenko V. G., Matalkina Yu. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DEPENDENCE OF MAXIMUM SURFACE SUBSIDENCE ON MAIN DETERMINING FACTORS

The dependence of the maximum Earth's surface subsidence has been determined on the depth of undermining, volume of worked-out area and coal brands.

Key words: *maximum surface subsidence, undermining depth, volume of worked-out area.*