УДК 622.834

Ю.В. Посыльный, А.В. Вяльцев, И.А. Богуш, В.В. Попов

ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ТИПОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Рассмотрены вопросы трансформирования измеренных кривых оседаний в типовые кривые. Разработана методика трансформирования, заключающаяся в использовании функции Гаусса, координат виртуальной точки кривой оседаний и нового граничного критерия — относительное оседание 0,03.

Ключевые слова: трансформирование кривых оседаний, граница мульды, типовые кривые оседаний, граничные критерии, полумульды сдвижения, коэффициент функции Гаусса, расчет границы мульды.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-195-203

Введение

При исследовании процесса сдвижения земной поверхности над горными выработками закладываются наблюдательные станции, состоящие из профильных линий реперов. На станции выполняются наблюдения, состоящие из измерений расстояний между реперами и определении высот этих реперов. Разность высот реперов на начало сдвижения и его окончание позволяет получить оседания земной поверхности [1]. Важным моментом исследования является установление распределений оседаний в полумульдах сдвижения. При этом длина полумульды принимается и за единицу, делится на равные части и в каждой точке деления полумульды определяются отношения оседания к максимальному оседанию, т.е. получают единичное распределение оседаний или единичную кривую. Единичные кривые группируют в зависимости от коэффициента подработанности земной поверхности, а затем усредняют и получают среднюю единичную кривую или типовую кривую оседаний [2—6]. Эта кривая используется при расчете сдвижений и деформаций земной поверхности с целью разработки мероприятий по охране подрабатываемых объектов [7—9].

Теория вопроса

При расчете сдвижений и деформаций земной поверхности над горными выработками часто расчетные величины не совпадают с фактическими. Здесь наблюдается несовпадение, как по величине, так и по местоположению деформации в мульде. Такое несовпадение зависит от величин граничных углов, углов и величин максимального оседания и распределений в мульде сдвижений и деформаций.

В условиях Восточного Донбасса угловые параметры рассчитываются по следующим формулам [9]:

а) граничные углы сдвижения: φ_o = = 55° (проводятся в наносах, если их

© Ю.В. Посыльный, А.В. Вяльцев, И.А. Богуш, В.В. Попов. 2017.

Таблица 1

Типовые распределения оседаний S(z) в точках деления z полумульды в зависмисти от коэффициента подработанности N

Параметр	Величина параметра										
z	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
S(*z*) при *N* ≥ 1	1	0,99	0,95	0,86	0,71	0,5	0,29	0,14	0,05	0,01	0
S(*z*) при *N* = 0,9	1	0,98	0,9	0,77	0,58	0,39	0,22	0,1	0,04	0,01	0
S(*z*) при *N* = 0,8	1	0,97	0,85	0,69	0,48	0,31	0,17	0,08	0,03	0,01	0
S(*z*) при *N* ≤ 0,7	1	0,96	0,83	0,65	0,46	0,29	0,16	0,08	0,03	0,01	0

мощность более 5 м); $\beta_o = 75° - 0{,}8\alpha$; $\gamma_o = 75° + 0{,}2\,\alpha < 80°$; $\delta_o = 75°$ (в подработанной толщеграничные углы уменьшаются на 5°);

б) углы максимального оседания и полных сдвижений:

• если толща пород ранее не подработана или подработана полностью, то

$$\theta = 90° - 0{,}8\alpha;$$

$$\psi_1 = 55°;\ \psi_2 = 55° + 0{,}3\alpha;\ \psi_3 = 55°;$$

• если верхняя половина лавы и проведенная от верхней границы линия под углом γ_o находятся в подработанной толще, то

$$\theta = 90° - 0{,}5\alpha;$$

$$\psi_1 = 55° - 0{,}3\alpha;\ \psi_2 = 55° + 0{,}45\alpha;$$

$$\psi_3 = 55°;$$

• если вся лава и линия, проведенная от нижней границы под углом β_o, находятся в подработанной ранее толще, а также при наличии работ прежних лет на нижележащих горизонтах и отсутствии работ на вышележащих, то

$$\theta = 90° - \alpha;$$

$$\psi_1 = 55° + 0{,}25\alpha;\ \psi_2 = 55° + 0{,}25\alpha;$$

$$\psi_3 = 55°.$$

Анализ формул показывает, что большая часть ихзависит от угла падения пласта, а меньшая является величиной постоянной.

Типовые распределения оседаний в зависимости от коэффициента подработанности *N* приводятся в табл. 1 [9].

Анализ данных измеренийна наблюдательных станциях показывает, что применение рекомендуемых правилами охраны граничных критериев (оседание 10 или 15 мм, наклон и растяжение $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ [7—9]) приводит к различным распределениям оседаний в полумульдах сдвижения и эти распределенияне совпадают с типовыми распределениями. Также не совпадают фактические и расчетные граничные углы.

Теория трансформирования, изложенная в работе [3] позволяет преобразовывать фактические распределения оседаний в типовые распределения при помощи виртуальных точек мульды. Тогда положение граничной точки будет определяться однозначно.

Методы анализа

Покажем на примере данных инструментальных измерений оседаний земной поверхности трансформирование фактических распределений оседаний в типовое распределениедействующих правил охраны. Измеренная кривая оседаний в условиях шахты «Нежданная» (лава № 1621) ОАО «Ростовуголь» представлена на рис. 1 [10]. На рис. 1 видно, что полумульда L_1 по падению пластане охвачена инструментальными измерениями. Полумульда L_2 характеризуется измерениями в граничной зоне сдвижения.

Рассчитаем единичную кривую оседаний в виде функции Гаусса $S(z) = e^{-az^2}$ в полумульде по восстанию пласта [11]. Результаты приведем в табл. 2.

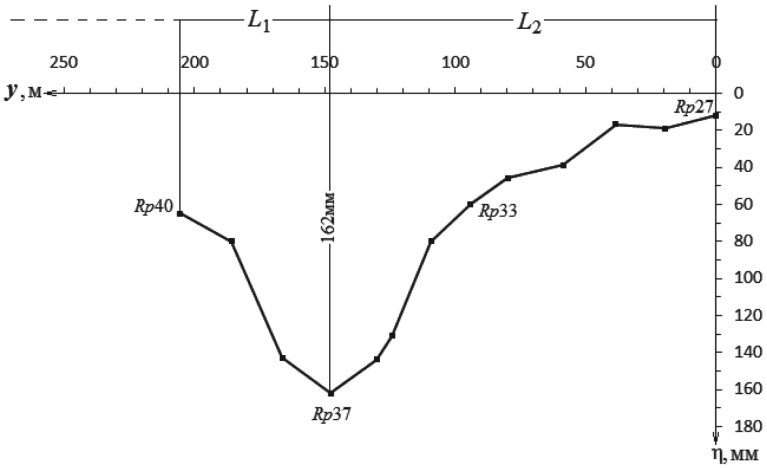

Рис. 1. Вертикальный разрез по профильной линии реперов: L_1, L_2 — фактические полумульды по падению и восстанию пласта соответственно

Так как среднее значение коэффициента *a* составляет 5,88, тогда выражение единичной кривой приобретает такой вид: $S(z_2) = e^{-5,88 z_2^2}$. Единичная кривая представлена на рис. 2.

Установим на единичной кривой по восстанию пласта граничную точку с относительным оседанием 0,03 [13]. Результаты вычислений показывают, что оседанию 0,03 соответствует точка с абсциссой z_2 = 0,77. Примем длину полумульды от z_2 = 0 до z_2 = 0,77 за единицу. Рассчитаем новые абсциссы с граничной точкой z'_2 = 1,0. Вычисления сведем в табл. 3, в которой найдемтакже коэффициентыа функции Гаусса.

Среднее значение коэффициента *a* составляет 3,49, тогда выражение единичной кривой оседаний приобретает следующий вид: $S(z'_2) = e^{-3,49 (z'_2)^2}$.

Таблица 2

Единичная кривая оседаний $S(z_2)$ в полумульде по восстанию пласта

№ репера	Абсцисса репера *y*, м	Преобразованная абсцисса репера y_2, м	Оседание репера η, мм	$z_2 = \frac{y_2}{147,7}$	$S_{z_2} = \frac{\eta}{162}$	$a = -\frac{\ln(S_{z_2})}{z_2^2}$	$S(z_2)$
27	0	147,7	12	1,00	0,07		0,00
28	19,5	128,2	19	0,87	0,12	2,84	0,01
29	38,6	109,1	17	0,74	0,10	4,13	0,04
30	58,7	89	39	0,60	0,24	3,92	0,12
31	79,9	67,8	46	0,46	0,28	5,97	0,29
32	94,2	53,5	60	0,36	0,37	7,57	0,46
33	109,2	38,5	80	0,26	0,49	—	0,67
35	124,2	23,5	131	0,16	0,81	8,39	0,86
36	130,1	17,6	144	0,12	0,89	8,30	0,92
37	147,7	0	162	0,00	1,00	—	1,00
Среднее значение коэффициента *a*						5,88	

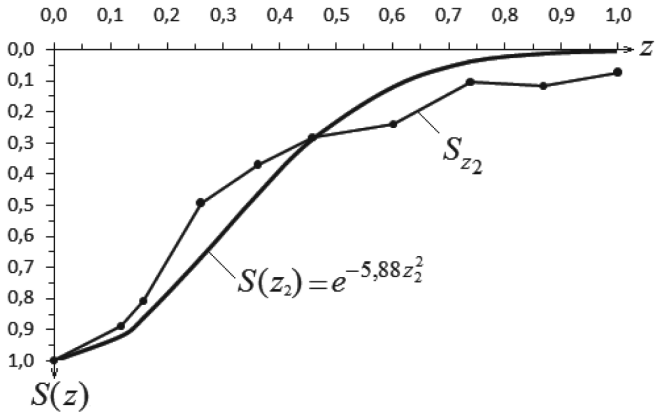

Рис. 2. Фактическая и расчетная $S(z_2)$ единичные кривые оседаний в полумульде по восстанию пласта

Таблица 3

Преобразование единичной кривой по восстанию пласта

z_2	$S(z_2)=e^{-5,88z_2^2}$	$z_2'=\frac{z_2}{0,77}$	$a=-\frac{\ln[S(z_2)]}{(z_2')^2}$
0	1,00	0	
0,1	0,94	0,13	3,49
0,2	0,79	0,26	3,49
0,3	0,59	0,39	3,49
0,4	0,39	0,52	3,49
0,5	0,23	0,65	3,49
0,6	0,12	0,78	3,49
0,7	0,06	0,91	3,49
0,75	0,04	0,97	3,49
0,77	0,03	1	3,49
0,8	0,02		
0,9	0,01		
1	0,00		

Таблица 4

Единичная кривая оседаний в полумульде по падению пласта

№ репера	Абсцисса репера *y*, м	Преобразованная абсцисса репера y_1, м	Оседание репера η, мм	$z_1=\frac{y_1}{57,8}$	$S_{z_1}=\frac{\eta}{162}$	$a=-\frac{\ln[S_{z_1}]}{z_1^2}$	$S(z_1)$
37	147,7	0	162	0,00	1,00	–	0,00
38	166,3	18,6	143	0,32	0,88	1,20	0,32
39	185,7	38	80	0,66	0,49	1,63	0,66
40	205,5	57,8	65	1,00	0,40	0,91	1,00
Среднее значение коэффициента *a*						1,25	

Таблица 5

Единичные кривые и типовая кривая $S(z)_{по}$ правил охраны 1998 г.

Параметр	Величина параметра										
z	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$S(z'_2)$	1,0	0,97	0,87	0,73	0,57	0,42	0,28	0,18	0,11	0,06	0,03
$S(z'_1)$	1,0	0,97	0,87	0,73	0,57	0,41	0,28	0,18	0,10	0,06	0,03
$S(z)_{по}$	1,0	0,96	0,83	0,65	0,46	0,29	0,16	0,08	0,03	0,01	0,0

В полумульде по падению выполним те же действия, что и в полумульде по восстанию.

В табл. 4 приведем вычисления, позволяющие найти среднее значение коэффициента *a* по фактическим данным измерений.

Выражение единичной кривой будет иметь такой вид: $S(z_1) = e^{-1,25 z_1^2}$.

Пользуясь полученным выражением, найдем точку с относительным оседанием 0,03. Абсцисса точки будет составлять z_1 = 1,68. Примем эту абсциссу за единицу и получим выражение преобразованной кривой Гаусса с граничной точкой z'_1 = 1,0.

Коэффициент *a* преобразованной кривой составит 3,53, тогда кривая приобретает такой вид: $S(z'_1) = e^{-3,53(z'_1)^2}$.

Сравнение кривой $S(z'_1) = e^{-3,53(z'_1)^2}$ с кривой $S(z'_2) = e^{-3,49(z'_2)^2}$ указывает на их полное совпадение, что показано в табл. 5.

Однако наблюдается отличие этих кривых от типовой кривой $S(z)_{по}$ правил охраны (см. табл. 5).

Для трансформирования единичных кривых в типовую кривую воспользуемся координатами виртуальной точки типовой кривой [12], которые при коэффициенте подработанности *N* = 0,7 составляют $z_{вт}$ = 0,450 и $S(z)_{вт}$ = 0,374.

На рис. 3 покажем преобразование единичной кривой $S(z'_1) = e^{-3,53(z'_1)^2}$ в типовую кривую $S(z)_{по}$ правил охраны.

На ординате максимального оседания откладывается $S(z)_{вт}$ = 0,374. Проводится горизонтальная линия до кривой

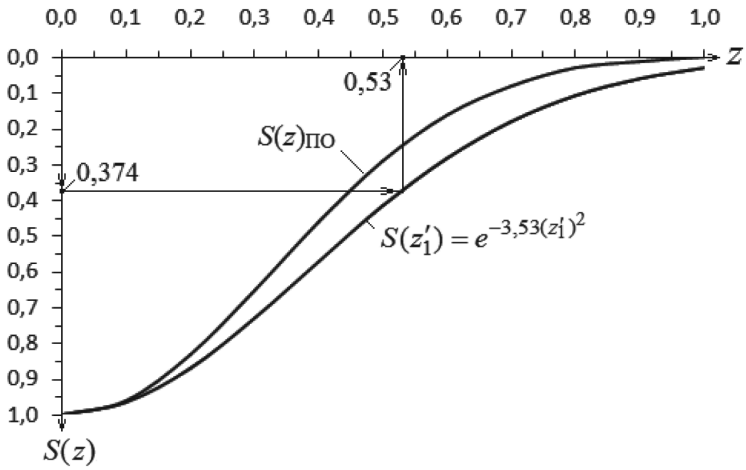

Рис. 3. Трансформирование единичной кривой в полумульде по падению пласта в типовую кривую правил охраны 1998 г.

Таблица 6

Вычисление ординат трансформированной единичной кривой оседаний в полумульде по падению пласта

z'_1	$z_3 = \frac{z'_1}{1,18}$	$S(z'_1)$	$a = -\frac{\ln S(z'_1)}{z_3^2}$	$S(z_3)$	z_3	$S(z_3)$	$S(z)_{по}$
0.0	0,00	1,00		1,00	0,0	1,00	1,00
0,1	0,08	0,97	4,92	0,97	0,1	0,95	0,96
0,2	0,17	0,87	4,92	0,87	0,2	0,82	0,83
0,3	0,25	0,73	4,92	0,73	0,3	0,64	0,65
0,4	0,34	0,57	4,92	0,57	0,4	0,46	0,46
0,5	0,42	0,41	4,92	0,41	0,5	0,29	0,29
0,6	0,51	0,28	4,92	0,28	0,6	0,17	0,16
0,7	0,59	0,18	4,92	0,18	0,7	0,09	0,08
0,8	0,68	0,10	4,92	0,10	0,8	0,04	0,03
0,9	0,76	0,06	4,92	0,06	0,9	0,02	0,01
1,0	0,85	0,03	4,92	0,03	1,0	0,01	0,00
1,1	0,93	0,01	4,92	0,01			
1,18	1,00	0,01	4,92	0,01			

$S(z'_1) = e^{-3,53(z'_1)^2}$. Из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось z и определяется абсцисса основания перпендикуляра.

На рис. 3 видно, что абсцисса оседания 0,374 составляет 0,53. Следовательно, граничная точка трансформированной кривой будет равна:

$$z_{1_{гр}} = \frac{0,53}{0,45} = 1,18.$$

Примем длину полумульды длиной 0; 0,1;... 1,18 за единицу, тогда будем иметь новую единичную ось

$$z_3 = \frac{z'_1}{1,18}.$$

Вычислим $S(z'_1) = e^{-3,53(z'_1)^2}$, коэффициент a и получим выражение трансформированной кривой оседаний в полумульде по падению пласта $S(z_3) = e^{-4,92z_3^2}$

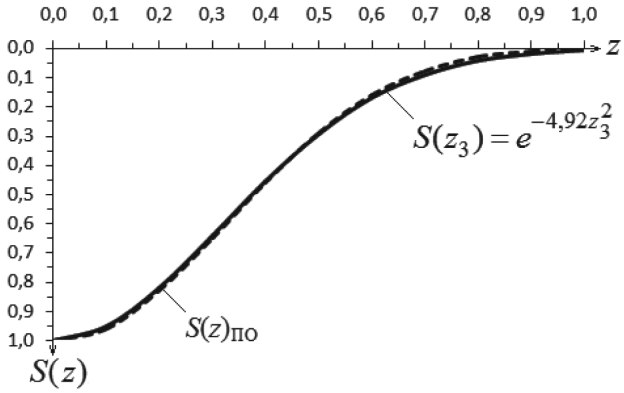

Рис. 4. Сравнение трансформированной кривой оседаний с типовой кривой $S(z)_{по}$ правил охраны 1998 г.

В табл. 6 приводится типовая кривая $S(z)_{ПО}$ правил охраны сооружений 1998 г. Эта кривая и трансформированная кривая показаны на рис. 4.

Рис. 4 показывает, что сравниваемые кривые практически совпадают.

Обсуждение результатов

Из приведенного выше примера трансформирования измеренной кривой в типовую кривую следует, что в практике маркшейдерских работ появляется возможность граничную точку сдвижения устанавливать путем расчета с использованием координат виртуальной точки типовой кривой. Это является важным, когда в граничной зоне мульде отсутствуют данные инструментальных измерений.

Методика, основанная на новой теории трансформирования кривых оседаний, позволяет получить граничные углы, основываясь на распределении оседаний правил охраны.

Заключение

Методика преобразования кривых оседаний, полученных путем инструментальных измерений на наблюдательных станциях, в типовые кривые основывается на координатах виртуальной точки типовой кривой, которые позволяют рассчитывать граничную точку сдвижения. Это особенно важно, когда инструментальные измерения отсутствуют на граничных участках мульды. Кроме виртуальной точки в методике используются функция Гаусса с постоянным коэффициентом и новый граничный критерий — относительное оседание 0,03.

Эффективность методики трансформирования кривых оседаний в типовые кривые заключается в том, что затраченные на закладку станции средства являются оправданными, так как данные неполных измерений позволяют получить практически полную информации о процессе сдвижения земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петухов И. А., Митичкина Н. И., Земисев В. Н. и др.* Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. Мин-во угольной пром-сти СССР: Утв. 30. 12. 87. Разраб. ВНИМИ. — М.: Недра, 1989. — 96 с.

2. *Медянцев А. Н.* Исследование сдвижения земной поверхности над горными выработками при разработке свит в Донбассе: Дисс. раб. на соис. уч. степ. докт. техн. наук: 05.15.01. — Защищена 26.12.72; Утв. 28.09. 1979. — Новочеркасск, 1972. — 310 с.

3. *Посыльный Ю. В.* Геометрия мульды сдвижения земной поверхности над горными выработками угольных шахт. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. — 216 с.

4. *Сдвижение* горных пород и земной поверхности в главнейших угольных бассейнах СССР. — М.: Углетехиздат, 1958. — 250 с.

5. *Кратч Г.* Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений; Пер. с нем. / Под ред. Р. А. Муллера, И. А. Петухова. — М.: Недра, 1978. — 494 с.

6. *Акимов А. Г., Земисев В. Н., Кацнельсон Н. Н., Коротков М. В., Костенич В. С., Медянцев А. Н., Мурашев А. Н., Петухов И. А.* Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений. — М.: Недра, 1970. — 224 с.

7. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. Министерство угольной промышленности СССР. — М.: Недра, 1981. — 288 с.

8. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок в Донецком угольном бассейне. — М.: МУП СССР, 1972. — 133 с.

9. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. — СПб., 1998. — 291 с.

10. *Тетерин А. В.* Обоснование параметров сдвижения земной поверхности при ее многократной подработке в условиях подземной разработки угольных пластов: дис. канд. техн. наук: 25.00.16. — Новочеркасск., 2004. — 171 с.

11. *Медянцев А. Н.*, *Чепенко Л. П.* Распределение сдвижений и деформаций земной поверхности по площади мульды сдвижения вне ее главных сечений, сб. 55. — Л.: ВНИМИ, 1965. — С. 54—66.

12. *Посыльный Ю. В.* Расчет единичных кривых оседаний земной поверхности с использованием координат виртуальной точки // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). — 2008. — № 1. — С. 111—120

13. *Посыльный Ю. В.*Определение границы влияния горных работ на земную поверхность по данным измерений / Перспективные технологии добычи и использования углей Донбасса: материалы Междунар. науч.-практ. семинара, г. Новочеркасск, 1—2 окт. 2009 г. — Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2009. — С. 238—242. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Посыльный Юрий Васильевич[1] — доктор технических наук, профессор,
e-mail: posylniijuw@mail.ru,
Вяльцев Александр Владимирович[1] — кандидат технических наук, доцент,
Богуш Илья Александрович[1] — доктор технических наук, профессор,
Попов Виктор Владимирович[1] — доктор технических наук, профессор,
[1] Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 8, pp. 195–203.

UDC 622.834

Yu.V. Posyl'nyy, A.V. Vyal'tsev, I.A. Bogush, V.V. Popov

TRANSFORMATION OF ACTUAL DISTRIBUTION OF GROUND SUBSIDENCES TO TYPICAL DISTRIBUTION

Discusses the transformation of the measured curves the subsidence curves in the model. The methodology of transformation, which consists in the use of the Gauss function, coordinates of the virtual point of the curve of subsidence and the new boundary criteria — the relative subsidence of 0.03.

Key words: transformation curves of subsidence, the boundary of the mould, the model curves of subsidence, boundary criteria, promulge displacement, the coefficient of the Gauss function, the calculation of the boundaries of the mold.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-195-203

AUTHORS

Posyl'nyy Yu.V.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: posylniijuw@mail.ru,
Vyal'tsev A.V.[1], Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor,
Bogush I.A.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor,
Popov V.V.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor,
[1] M.I. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
346428, Novocherkassk, Russia.

REFERENCES

1. Petukhov I.A., Mitichkina N.I., Zemisev V.N. *Instruktsiya po nablyudeniyam za sdvizheniem gornykh porod, zemnoy poverkhnosti i podrabatyvaemymi sooruzheniyami na ugol'nykh i slantsevykh mestorozhdeniyakh* (Manual observations of rock movement, the earth's surface and undermined structures in the coal and shale deposits), Moscow, Nedra, 1989, 96 p.

2. Medyantsev A.N. *Issledovanie sdvizheniya zemnoy poverkhnosti nad gornymi vyrabotkami pri razrabotke svit v Donbasse* (The study of displacement of earth's surface over the mine workings in the development of svit in Donbass), Doctor's thesis, Novocherkassk, 1972, 310 p.

3. Posyl'nyy Yu.V. *Geometriya mul'dy sdvizheniya zemnoy poverkhnosti nad gornymi vyrabotkami ugol'nykh shakht* (Geometry of the mould displacement of the earth's surface over the mine workings of coal mines), Novocherkassk, YuRGTU (NPI), 2012, 216 p.

4. *Sdvizhenie gornykh porod i zemnoy poverkhnosti v glavneyshikh ugol'nykh basseynakh SSSR* (The rock movement and surface in the major coal basins of the USSR), Moscow, Ugletekhizdat, 1958, 250 p.

5. Kratch G. *Sdvizhenie gornykh porod i zashchita podrabatyvaemykh sooruzheniy*; Per. s nem. Pod red. R.A. Mullera, I.A. Petukhova (Rock movement and protection of undermined structures. German–Russian translation), Moscow, Nedra, 1978, 494 p.

6. Akimov A.G., Zemisev V.N., Katsnel'son N.N.Korotkov M.V., KostenichV. S., Medyantsev A.N., Murashev A.N., Petukhov I.A. *Sdvizhenie gornykh porod pri podzemnoy razrabotke ugol'nykh i slantsevykh mestorozhdeniy* (Rock movement in underground development of coal and shale deposits), Moscow, Nedra, 1970, 224 p.

7. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh*. Ministerstvo ugol'noy promyshlennosti SSSR (Rules of protection of constructions and natural objects from harmful influence of underground mining on the coal fields. Ministry of coal industry of the USSR), Moscow, Nedra, 1981, 288 p.

8. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh vyrabotok v Donetskom ugol'nom basseyne* (Rules of protection of constructions and natural objects from harmful influence of underground mining in the Donetsk coal basin), Moscow, MUP SSSR, 1972, 133 p.

9. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh* (Rules of protection of constructions and natural objects from harmful influence of underground mining on the coal fields), Saint-Petersburg, 1998, 291 p.

10. Teterin A.V. *Obosnovanie parametrov sdvizheniya zemnoy poverkhnosti pri ee mnogokratnoy podrabotke v usloviyakh podzemnoy razrabotki ugol'nykh plastov* (Justification of parameters of displacement of the earth's surface when multiple jobs in underground coal seams), Candidate's thesis, Novocherkassk, 2004, 171 p.

11. Medyantsev A.N., Chepenko L.P. *Raspredelenie sdvizheniy i deformatsiy zemnoy poverkhnosti po ploshchadi mul'dy sdvizheniya vne ee glavnykh secheniy*, sb. 55 (Distribution of displacements and deformations of the ground surface area of the mould displacement outside the main sections, vol. 55), Leningrad, VNIMI, 1965, pp. 54—66.

12. Posyl'nyy Yu.V. *Vestnik Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Novocherkasskogo politekhnicheskogo instituta)*. 2008, no 1, pp. 111—120

13. Posyl'nyy Yu.V. *Perspektivnye tekhnologii dobychi i ispol'zovaniya ugley Donbassa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. seminara*, g. Novocherkassk, 1—2 okt. 2009 g. (Determination of the boundaries of influence of mining operations on the earth's surface according to the measurements. Advanced technologies for mining and utilization of coals of Donbass : proceedings of the international. scientific.-pract. seminar, Novocherkassk, 1—2 Oct. 2009), Novocherkassk, YuRGTU (NPI), 2009, pp. 238—242.