

А.С. Кучин, С.Ф. Леонов, Е.В. Стельмашук, А.П. Швец, Л.А. Ковалевич

## СДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОВТОРНОЙ ПОДРАБОТКЕ И БОЛЬШИХ СКОРОСТЯХ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

A.S. Kuchin, S.F. Leonov, Ye.V. Stelmashchuk, A.P. Shvets, L.A. Kovalevich

## SURFACE SUBSIDENCE BY REPEATED UNDERMINING AND HIGH SPEEDS OF COAL FACE ADVANCE

Приведены результаты наблюдений за сдвижением земной поверхности на наблюдательной станции, заложенной над очистными работами 124-й лавы шахты „Благодатная“ в Западном Донбассе. При глубине повторной подработки 335 м скорость подвигания очистного забоя составила 170 м/мес. Для определения сдвижений и деформаций грунтовые репера профильных линий координировались с помощью электронного тахеометра. Анализ результатов наблюдений в условиях повторной подработки указывает на значительное несоответствие фактических и прогнозных данных, которое в случае горизонтальных сдвижений и деформаций составило 200%.

**Ключевые слова:** наблюдательная станция, земная поверхность, горизонтальные сдвижения, очистная выработка, деформации

Уголь является основным энергетическим ресурсом Украины. Пластовая форма и значительная глубина его залегания создают определенные трудности извлечения из недр. Пропорционально увеличению глубины разработки растут и затраты на добычу каждой тонны полезного ископаемого. Шахтные поля имеют значительные размеры, что приводит к повышению расходов на поддержание капитальных и подготовительных выработок. Вместе с тем, все большие площади земной поверхности оказываются в зоне влияния очистных работ, подвергаясь воздействию различного рода деформаций. Нередко на подрабатываемых территориях расположены транспортные и инженерные коммуникации, поймы рек, сельскохозяйственные угодия и, наконец, населенные пункты. Эти объекты в процессе подработки, как и земная поверхность, деформируются и требуют проведения ремонтных работ. Возможность и целесообразность выемки угольных запасов под объектами оценивается на основе прогнозирования последствий подработки. Таким образом, установление ожидаемых величин сдвижений и деформаций земной поверхности является одной из приоритетных задач при планировании горных работ и оценке их влияния на подрабатываемые объекты.

За последние годы угольная промышленность Украины претерпела существенные изменения в области технологии добычи угля. Оснащение импортными выемочными комплексами привело к ускоренным темпам разработки угольных пластов и, следовательно, к увеличению скоростей движения очистных забоев. В контексте с растущей глубиной разработки и многократной подработкой массива горных пород это послужило причиной проведения специальных маркшейдерских наблюдений за сдвижением земной поверхности с использованием современного геодезического оборудования.

Для установления параметров процесса сдвижения над очистными работами 124-й лавы ш. „Благодатная“ заложена типовая наблюдательная станция, состоящая из 3 профильных линий (рис. 1).

Разрезная печь пройдена по простиранию пласта  $c_1$  на глубине 335 м. Горно-геологическая характеристика участка в районе отработки 124-й лавы характеризуется следующими показателями:

- вынимаемая мощность пласта – 1,15–1,20 м;
- угол падения пласта – 2–3°;
- длина лавы – 220 м;
- управление кровлей – полное обрушение;
- мощность наносов – 65 м;
- средняя скорость подвигания забоя 150–170 м/мес;
- подработка – вторичная.

Кровля пласта  $c_1$  представлена аргиллитами, алевролитами и слабыми песчаниками. По данным опробования образцов пород, сопротивление сжатию находится в пределах 12–30 МПа. Отработка лавы осуществляется комплексом OSTROJ MB-410E по восточному пласта.

Толща вышележащих горных пород подработана очистными работами пласта  $c_5$ . Мощность междупластия составляет 78 м.

Цель инструментальных наблюдений заключается в установлении величин и направлений смещений реперов профильных линий в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Поставленная задача решена использованием для производства наблюдений электронного тахеометра TOPCON-235N и жесткого отвеса ОЖ-3, переоборудованного под призменную систему тахеометра. В качестве исходных использованы пункты полигонометрии 4 класса, заложенные на промплощадке шахты. Репера профильных линий в виде заглубленных металлических стержней заложены с интервалом в 20 м в июле 2009 г. Первое наблюдение проведено 21.09.09, т.е. за неделю до нача-

ла движения забоя лавы. На первом этапе выполнения работ определялись координаты репера №20, находящегося на возвышенности. Длина хода от исходных пунктов составила 640 м. На втором этапе выполнялось координирование всех реперов профильных линий. Для последующих наблюдений определены координаты точек СТ1, СТ2 и ОМ1, расположенных за зоной влияния горных работ.

При последующих измерениях на станции координаты репера №20 определялись способом обратной засечки с контролем координат исходных пунктов. Таким образом была уменьшена погрешность за счет проложения полигометрического хода от исходных пунктов, заложенных на промплощадке шахты.

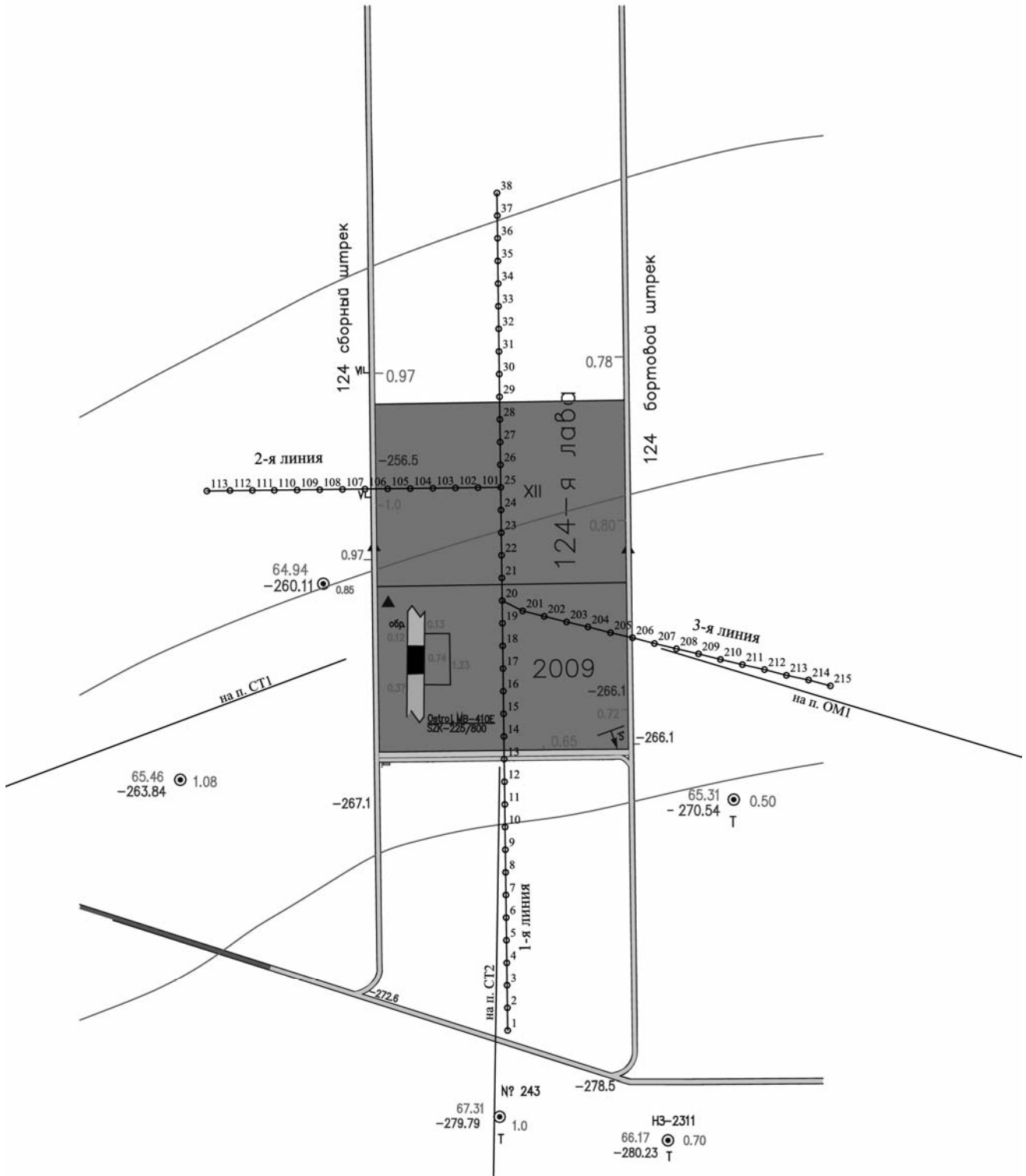


Рис. 1. План наблюдательной станции

На 10.01.2010 г. проведено две серии инструментальных наблюдений: при расстоянии забоя лавы от разрезной печи соответственно 130 (28.11.2009 г.) и 330 м (10.01.2010 г.). При отходе забоя лавы на расстояние 330 м в районе репера №20 визуально уста-

новлено наличие значительных сжатий земной поверхности в направлении простирания пласта. Вследствие их действия железобетонные плиты автодороги местного значения поднялись на высоту 50 см (рис. 2).



Рис. 2. Результат воздействия сжатий земной поверхности на бетонное покрытие дороги

В результате выполнения измерений получены координаты реперов, по которым вычислены их пространственные смещения и деформации интервалов. На рис. 3 и 4 отображены графики сдвижений и деформаций реперов по профильной линии №1. На вертикальной оси графиков отложены величины смещений (мм) и деформаций (мм/м), на горизонтальной – номера реперов.

На момент второго наблюдения величина максимальных оседаний земной поверхности составила 970 мм. На земной поверхности со стороны восстания пласта отмечено незначительное поднятие реперов, которое не превысило 30 мм. Максимальные горизонтальные сдвигения в направлении движения очистного забоя (390 мм) существенно превысили те же величины в противоположном направлении (119 мм). Аналогичное несоответствие наблюдается также в случае горизонтальных растяжений. Их максимальные величины над разрезной печью и очистным забоем составили соответственно 5,42 и 1,37 мм/м. Кривая горизонтальных сдвижений (5) в интервале между 18 и 23 реперами имеет пологий характер изменения. Известно, что величины сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем меньше, чем в условиях закончившегося процесса сдвижения. Однако результаты расчета ожидаемых величин по нормативной методике [1] показали, что фактические величины (установленные для условий движения очистного забоя) практически в два раза превышают расчетные. Соотношение максимальных фактических и расчетных оседаний  $\eta_m$  составляет 1,5, а горизонтальных сдвижений – 2,2.

Различие в приведенном соотношении можно объяснить следующим. В соответствии с методикой [1] величина относительного максимального сдвиге-

ния  $a_0$  определяется в зависимости от соотношения мощности наносов к глубине разработки  $h/H$ , которое для условий 124-й лавы составило 0,19. При значениях  $h/H < 0,3$  величина  $a_0$  принимается равной 0,3, а в противном случае – 0,4. Фактическая величина относительного максимального сдвижения составила  $390/970 = 0,4$ .

Максимальное оседание определяется по формуле [1]

$$\xi_m | m q_0 (N_1 / N_2) \cos \zeta,$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта;  $q_0$  – относительное максимальное оседание;  $N_1, N_2$  – коэффициенты подработанности земной поверхности;  $\alpha$  – угол падения пласта.

Из-за малого значения угла падения пласта величиной  $\cos \alpha$  можно пренебречь. Для рассматриваемых условий величина  $q_0$  составляет 0,8, что полностью соответствует фактической величине  $q_0 = 0,97/1,2 = 0,81$ . Следовательно, относительное максимальное оседание не может быть причиной значительной погрешности расчетной величины максимального оседания. Вышесказанное указывает на то, что погрешность расчетной методики является следствием несовершенства алгоритма определения коэффициентов подработанности земной поверхности в условиях многократной подработки. При размерах выработанного пространства 330x220 м, расчетные коэффициенты  $N_1$  и  $N_2$  составили соответственно 0,85 и 0,66. Это свидетельствует о неполной подработке земной поверхности по обоим направлениям. Анализ кривых распределения оседаний и горизонтальных деформаций по линии №1 показал, что условие полной подработки вкрест простирания пласта выполняется даже при меньшем размере выработанного простран-

ва. Таким образом, можно утверждать, что в одних и тех же условиях степень подработанности земной

поверхности при первичной и повторной подработках различна.

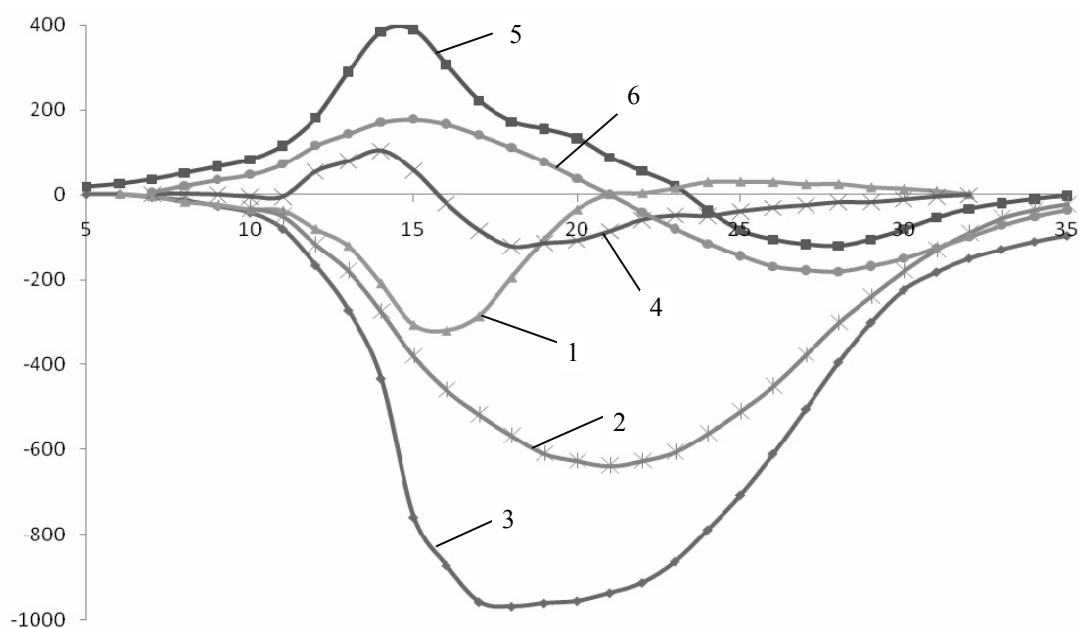


Рис. 3. Графики вертикальных и горизонтальных сдвижений по профильной линии №1: 1 – оседания (1-е наблюдение); 2 – оседания (2-е наблюдение); 3 – ожидаемые оседания (2-е наблюдение); 4 – горизонтальные сдвигения (1-е наблюдение); 5 – горизонтальные сдвигения (2-е наблюдение); 6 – ожидаемые горизонтальные сдвигения (2-е наблюдение)

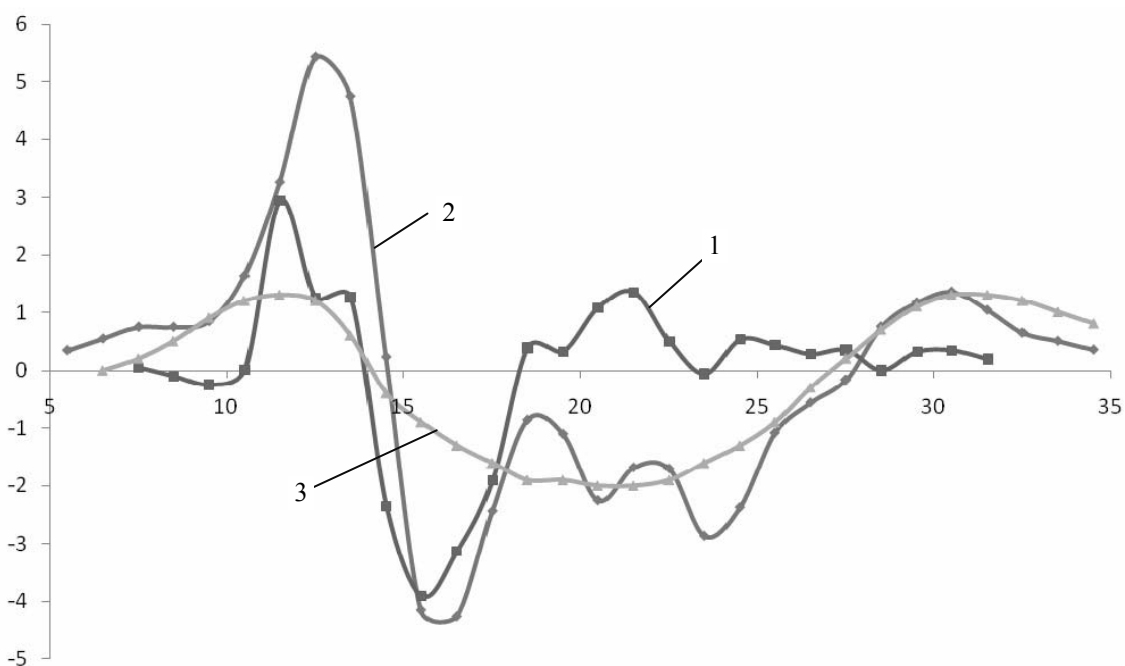


Рис. 4. Графики горизонтальных деформаций по профильной линии №1: 1 – 1-е наблюдение; 2 – 2-е наблюдение; 3 – ожидаемые величины (2-е наблюдение)

Ранними исследованиями [2] отмечено, что в плоском дне мульды горизонтальные сдвигения отличны от нуля. Это свидетельствует о перемещении массива горных пород и земной поверхности вслед за движущимся очистным забоем. Как отмечено выше, кривая горизонтальных сдвижений в интервале между 18 и 23-м реперами имеет тенденцию к выполаживанию. Аналогичные результаты получены по другим наблюдательным станциям в Западном Донбассе для условий первичной подработки при малых скоростях подвигания очистного забоя. В качестве примера приведены результаты, полученные по станции

Науковий вісник НГУ, 2010, № 7–8

№13 (рис. 5). В результате выполненных наблюдений и их анализа установлено:

- фактические величины сдвижений и деформаций земной поверхности в 1,5–2 раза превысили прогнозные;
- при одинаковых размерах выработанного пространства степень вторичной подработаности земной поверхности выше нежели первичной;
- соотношение величин горизонтальных деформаций над разрезной печью и над движущимся очистным забоем составляет 4:1;

– явление перемещения массива горных пород и земной поверхности вслед за движущимся очистным забоем справедливо как для условий первичной, так и для повторной подработки.

Количественно соотношение сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем и над разрезной печью можно получить после проведения последнего наблюдения в условиях закончившегося процесса сдвижения.

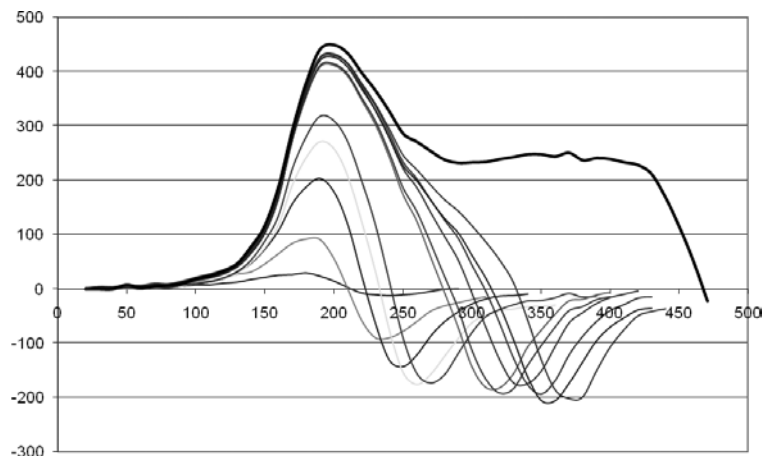


Рис. 5. График горизонтальных сдвижений по станции №13

#### Список литературы

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. // Галузевий стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.
2. Зрушення земної поверхні і гірського масиву в плоскому дні мульди зрушення / Бруй А.В., Балафін І.Є., Кучин О.С. // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ: ІГТМ. – 2008. – Вып. 77. – С. 262–266.

Наведено результати спостережень за зрушенням земної поверхні на спостережній станції, що закладена над очисними роботами 124-ї лави шахти „Благодатна“ в Західному Донбасі. При глибині вторинної підробки 335 м швидкість посування очисного забоя склала 170 м/міс. Для визначення зрушень і деформацій ґрунтові репера профільних ліній координувалися за допомогою електронного тахеометра. Аналіз результатів спостережень в умовах повторної підробки вказує на значну невідповідність фактичних і про-

гнозних даних, яка у разі горизонтальних зрушень та деформацій склала 200%.

**Ключові слова:** спостережна станція, земна поверхня, горизонтальні зрушення, очисна виробка, деформації

The results of surface subsidence monitoring at the observation station which is established above 124<sup>th</sup> lava of Blagodatnaya mine in the Western Donbass coal region are presented in the article. The speed of mining face advance is 170 m a month in conditions of repeated undermining on a depth of 335 m. Co-ordinates of benchmarks were determined by means of electronic tachometer during the observations of their displacement. The considerable difference of the actual and forecast surface subsidence and deformations, which is 200%, is set as the result of supervisions.

**Keywords:** observation station, surface, horizontal subsidence, deformation, undermining

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роском 22.03.10