

УДК 622.1:622.834

АНАЛИЗ ХРОНОИЗОЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Назаренко В. А., Стельмашук Е. В.
(ГВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск, Украина)

За результатами натурних інструментальних спостережень розроблена просторово-часова модель формування земної поверхні у мульді зрушення для умов вугільних шахт Західного Донбасу. Запропоновано новий тип ізоліній, що характеризують час і місце виникнення у мульді осідань і нахилів певної величини.

Space-time model for formation of ground surface subsidence profile is developed based on the results of field instrumental observations for conditions of coal mines in the Western Donbas. A new type of contour-chronoisosubsideance is proposed. These lines characterize the time and place where certain subsidence is formed.

На современном этапе развития угледобывающей промышленности строительство новых шахт практически не ведется. Прирост добычи угля, одного из основных энергоносителей в Украине, осуществляется за счет разработки новых угольных пластов глубокого залегания и расширения шахтных полей действующих шахт. В результате в различных сферах жизнедеятельности общества возникает множество проблем, от решения которых зависит эффективность использования природных ресурсов, состояние окружающей среды, безопасность производства и др. Одним из аспектов комплекса проблем является расширение территорий, которые оказываются в зонах влияния горных разработок, и, как следствие, увеличение числа объектов, требующих защиты от вредного влияния горных работ.

Обеспечение безопасной подработки сооружений и природных объектов является одной из основных задач маркшейдерской службы горного предприятия. Решение этой задачи зависит от объективности прогнозирования влияния горных выработок на подрабатываемые объекты, что в свою очередь, определяется соответствием принятых исходных параметров условиям разработки месторождения. В настоящее время расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности, являющийся основой для выбора соответствующих мер охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов, производится по нормативной методике Правил [1]. Однако действующая методика предусматривает расчет сдвижений и деформаций при закончившемся процессе сдвижения. Результаты расчетов не дают представления о развитии деформаций поверхности во времени и не учитывают различия развития деформаций на отдельных участках зоны влияния очистных работ. Этот факт стал причиной интереса многих исследователей к динамике процесса сдвижения.

Исследования последних лет позволили установить общие закономерности развития мульды сдвижения на стадии ее формирования и разработать методику пространственно-временного моделирования [2, 3, 4, 5] и графическую модель сдвижения поверхности. Эта модель представлена совокупностью специальных изолиний, которые дают возможность определять место возникновения и значения оседаний и наклонов в мульде сдвижения, а также ее профиль на любой момент времени и при любом положении движущегося очистного забоя лавы. Назначений модели – прогнозирование ожидаемых оседаний и наклонов поверхности без выполнения сложных и громоздких математических расчетов и графических построений. Ниже приведены результаты анализа этих моделей.

Если оценивать пространственно-временные модели развития оседаний (рис. 1) и наклонов (рис. 2), то можно утверждать, что хроноизолинии в системе координат L/H , D_1/H распределены в нисходящем порядке со сдвигом в сторону движения очистного забоя, а их отметки по мере увеличения ординаты D_1/H возрастают. С увеличением D_1/H происходит увеличение зоны влияния очистной выработки на земную поверхность – увеличивается ин-

тервал абсцисс L/H , охватываемых моделью.

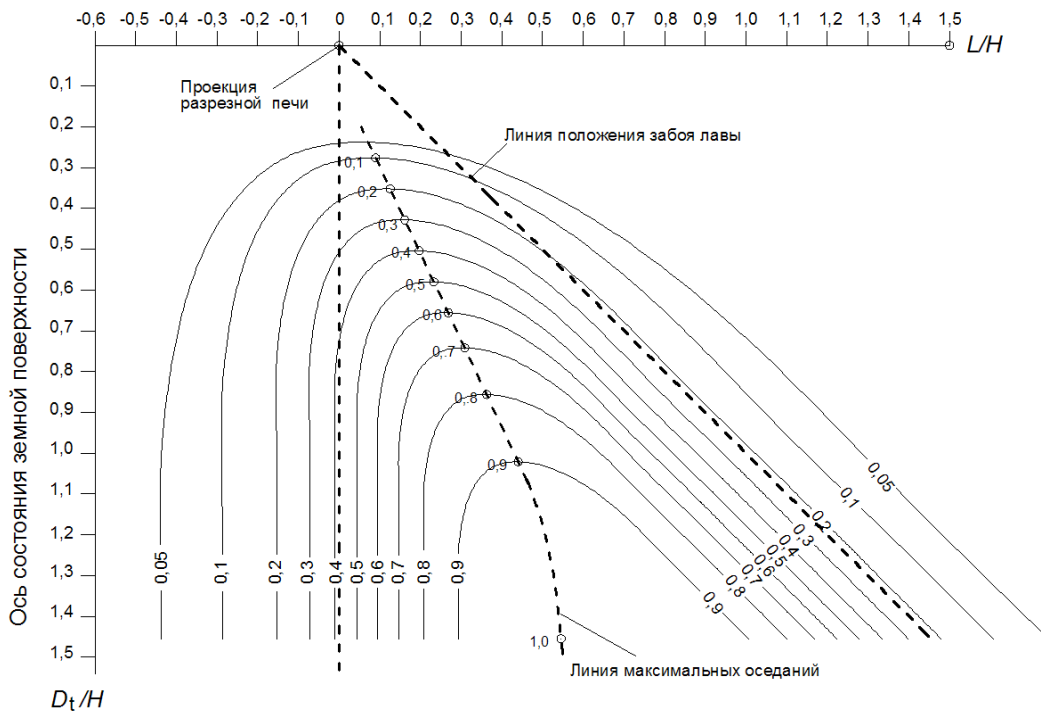


Рис. 1. Хроноизолинейная модель процесса оседания земной поверхности

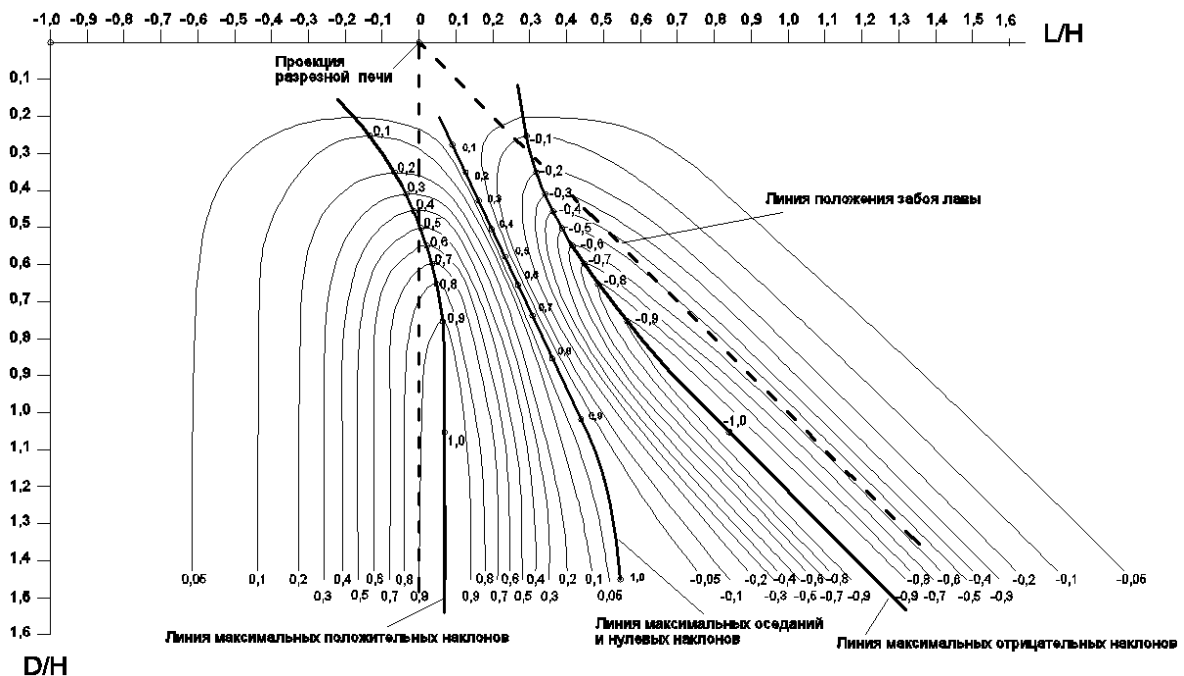


Рис. 2. Хроноизолинейная модель процесса изменения наклонов земной поверхности

Форма изолиний в целом остается неизменной, а отдельные участки изолиний имеют различный наклон. Отрезки прямых линий, касательные к изолиниям, изменяют угол наклона от 90° в левой части модели до 0° – в замковой верхней части и затем до угла 45° – в правой части модели (при условии равенства масштабов по осям L/H и D/H).

Прямолинейность и взаимная параллельность участков изогипс свидетельствует о стабильности и равномерности процесса сдвижения, изогнутость и непараллельность участков является признаком активного изменения величин моделируемых величин. На пологих участках изолиний моделей градиент оседаний и наклонов наибольший. По мере роста угла наклона градиент уменьшается и при вертикальном положении градиент равен нулю – процесс остановился.

Исходя из изложенного выше с целью установления характера протекания процесс оседания земной поверхности на стадии формирования мульды, представляется принципиально важным выделить прямолинейные участки изолиний модели и криволинейные участки с изменяющимся углом наклона касательных к ним. В среде AutoCAD был выполнен комплекс графических построений, заключающийся в проведении касательных прямых линий к изолиниям моделей на различных участках. Путем визуального контроля установлены точки сопряжения прямолинейных и криволинейных участков изолиний на обеих моделях рисунков 3 и 4. Эти точки были соединены полилинией, которая после сглаживания преобразована в сплайн. Полученные в результате геометрических построений линии перехода криволинейных участков изолиний в прямолинейные показаны на рисунке 3.

В результате совмещения графиков моделей оседаний и наклонов установлено, что эти линии практически совпадают друг с другом, что позволило создать обобщенный график характерных линий и точек динамической модели процесса сдвижения на стадии формирования мульды. Этот график показан на рисунке 4. Согласно результатам исследований максимальных оседаний в формирующейся мульде [6] процесс оседания земной поверхности при отходе лавы от разрезной печи начинается при размере выработанного пространства $D_t = 0,2H$.

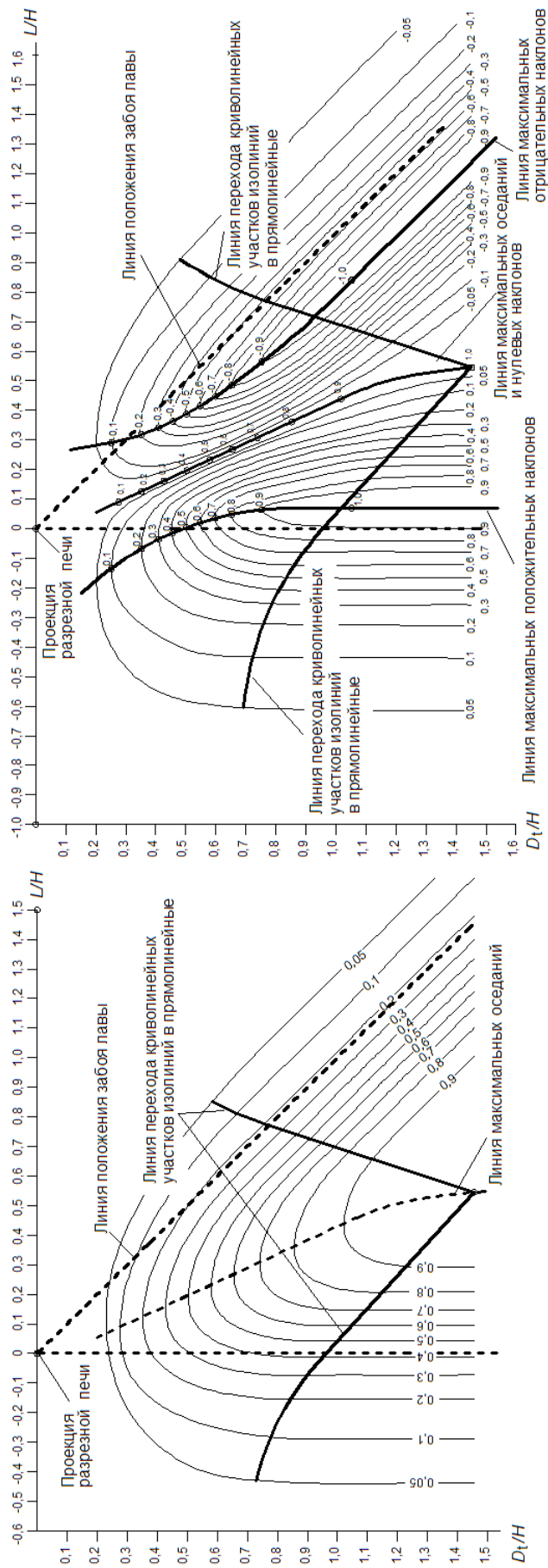


Рис. 3. Определение линий перехода криволинейных участков изопиний модели в прямолинейные

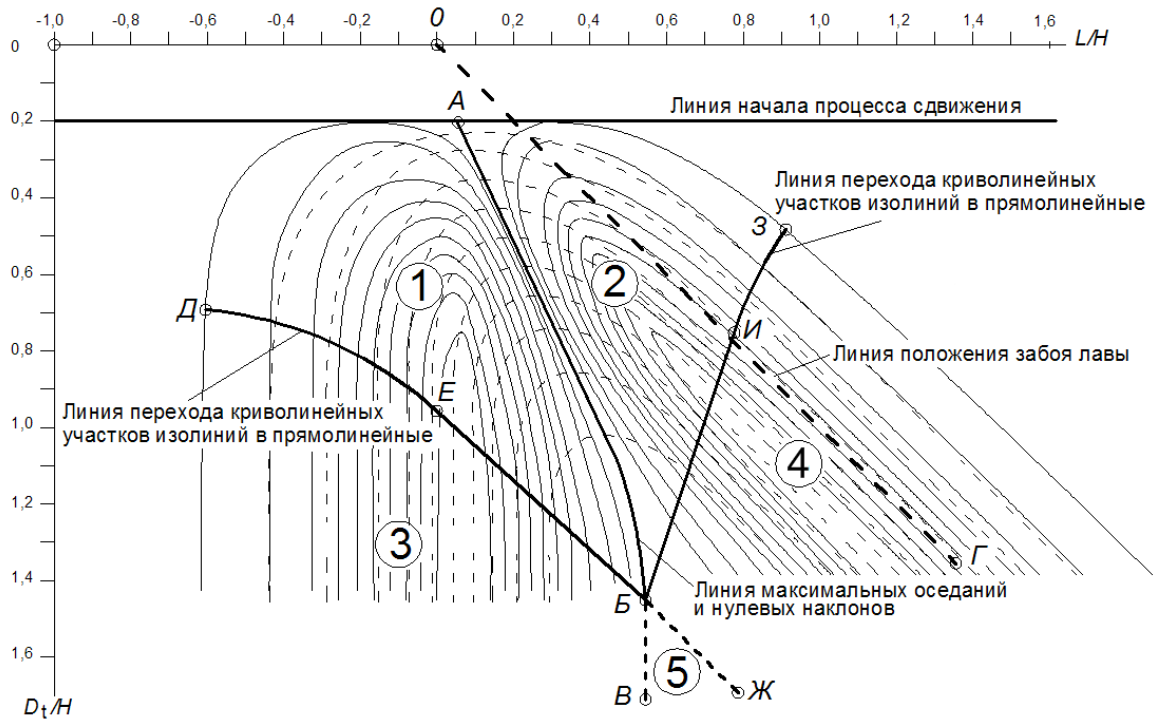


Рис. 4. Обобщенный график характерных точек и линий динамической модели процесса сдвижения на стадии формирования мульды

Линия максимальных оседаний и нулевых наклонов, изображенная на рисунке 4 линией AB , если ее продолжить, займет положение BB . Согласно тем же исследованиям [6] отрезок BB на графике модели будет вертикальным (параллельным линии проекции разрезной печи).

Линия перехода криволинейных участков изолиний в прямолинейные DEB состоит из двух участков: DE – дуга окружности радиуса, равного 1, т.е. H , EB – отрезок прямой, параллельный линии положения очистного забоя OG . Отрезок $BЖ$ является продолжением линии DEB . Линия перехода криволинейных участков изолиний в прямолинейные $ЗИБ$ так же состоит из двух участков: $ЗИ$ – дуга окружности радиуса, равного 1, $ИБ$ – отрезок прямой.

На графике рисунка 4 можно выделить пять зон, в которых конфигурация изолиний и характер сдвижения различаются. Зона 1 характеризуется активным изменением оседаний и положительных наклонов поверхности и соответствует формирующейся

обратной полумульде динамической мульды на стадии формирования [7]. Зона 2 так же характеризуется активным изменением оседаний и отрицательных наклонов поверхности и соответствует формирующейся прямой полумульде. Зона 3 обозначает участки земной поверхности, на которых оседания достигли своего предела и процесс сдвижения завершился. Изолинии в пределах этой зоны вертикальны.

Зона № 4 соответствует стадии синхронного сдвижения, в которой профиль мульды остается неизменным и прямая полумульда перемещается вслед за очистным забоем. Изолинии моделей в этой зоне параллельны линии положения очистного забоя, что свидетельствует о равенстве скоростей перемещения забоя лавы и динамической мульды на поверхности.

В пятой зоне изолинии оседания и наклонов отсутствуют. Здесь оседания достигли максимума и остаются неизменными при увеличении размера выработанного пространства D_r . Наклоны поверхности равны нулю. Эта зона обозначает плоское дно мульды.

Таким образом, можно сказать, что в зонах 3 и 5 процесс сдвижения завершился, а в зонах 1, 2, 4 – находится в стадии активного развития.

На рисунке 5 показана номограмма развития процесса сдвижения с обозначением всех стадий, через которые проходит мульда сдвижения при отходе лавы от разрезной печи и выделены характерных области мульды сдвижения, а именно: область формирования мульды с выделением в ней областей формирования обратной и прямой полумульд; область окончания процесса сдвижения, включающая область формирования плоского дна мульды; область синхронного сдвижения поверхности.

Выводы.

Хроноизолинейные модели оседания и наклонов земной поверхности характеризуют развитие мульды сдвижения на малоизученной стадии формирования. Изолинии моделей позволяют определять величины оседаний и наклонов поверхности и профиль мульды на любой произвольный момент времени, характеризующийся подвиганием очистного забоя от начала отработки лавы.

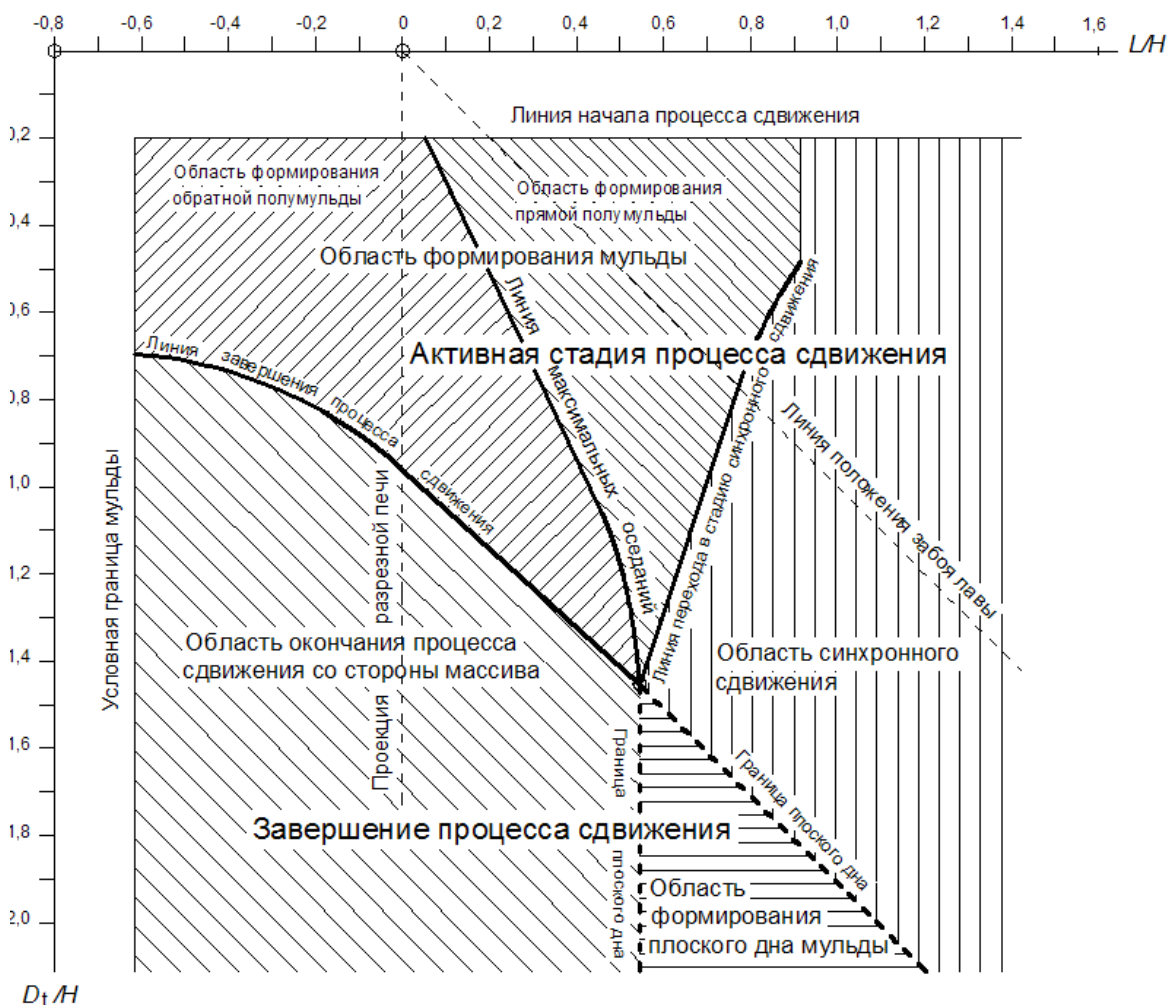


Рис. 5. Номограмма стадий развития процесса сдвижения над разрезной печью

Получаемые по моделям величины сдвижений и деформаций имеют высокую надежность, на что указывает сравнение с результатами натуральных инструментальных маркшейдерских наблюдений на шахтах Западного Донбасса.

В сравнении с известными способами прогнозирования оседаний, включая и нормативную методику Правил [1], разработанная модель обеспечивает большую точность и исключает громоздкие вычисления и вспомогательные графические построения.

Методика пространственно-временного моделирования и разработка хроноизолинейных моделей процесса сдвижения земной поверхности может быть реализована на угольных месторождениях с горизонтальным или пологим залеганием пластов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом // Отраслевой стандарт. — К. : Мінпаливенерго України, 2004. — 127 с.
2. Назаренко В. А., Стельмащук Е. В. Моделирование формирования мульды сдвижения земной поверхности над движущимся забоем // Проблеми гірського тиску. — № 17 — Д. : ДонНТУ, 2009. — С. 4—9.
3. Назаренко В. А., Стельмащук Е. В. Исследование развития наклонов поверхности при формировании мульды сдвижения // Науковий вісник НГУ. — 2010. — № 4. — С. 18—22.
4. Назаренко В. А., Кучин А. С. Калибровка хроноизолинейной модели процесса сдвижения. — Форум гірників - 2011. Дніпропетровськ, НГУ, 2011. — С. 261—267.
5. Назаренко В. А., Сдвижкова Е. А., Кучин А. С. Модель развития наклонов земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения для условий Западного Донбасса. — Форум гірників - 2012. Дніпропетровськ, НГУ, 2012. — С. 242—245.
6. Йощенко Н. В., Назаренко В. А. Закономерности формирования максимальных оседаний земной поверхности над очистным забоем / Геотехнічна механіка : Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. — Вип. 72. — Дніпропетровськ, 2007. — С. 23—31.
7. Назаренко В. А., Антипенко Г. А. О некоторых терминах и определениях процесса сдвижения земной поверхности // Уголь Украины. — 2001. — № 9. — С. 44—45.