

Б.А. КОДУНОВ (канд. техн. наук, доц., КИИ)
Донецкий национальный технический университет

ЗАВИСИМОСТЬ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ ЛАВЫ И ГЛУБИНЫ РАЗРАБОТКИ

Посредством компьютерного моделирования процесса сдвижения земной поверхности под воздействием подземных горных работ рассмотрена зависимость максимальных оседаний от размеров выработанного пространства и глубины залегания угольных пластов для условий Донбасса.

область сдвижения, максимальные оседания, кривая оседаний

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В процессе сдвижения пород под влиянием подземных разработок происходит их перемещение, в результате чего на земной поверхности образуется мульда сдвижения, одним из основных параметров которой является максимальное оседание. С данным параметром связаны все сдвижения и деформации в мульде сдвижения. Для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать величину сдвижений и деформаций. Поэтому установление закономерностей процесса сдвижения, совершенствование методов прогнозирования ожидаемых максимальных оседаний является актуальной научной и практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Официальным методом прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности в нашей стране является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натуральных измерений, по которым строятся кривые сдвижений и деформаций [1]. Для определения максимальных оседаний земной поверхности используется формула, предложенная С.П. Колбенковым. При всех своих достоинствах, среди которых главное – использование фактических данных, полученных в результате проведения большого количества наблюдений за процессом сдвижения, данный метод не свободен и от недостатков, которые вызваны, в основном, необходимостью упрощения и обобщения методов расчета сдвижений и деформаций, что часто препятствует получению достоверной информации применительно к конкретным, часто нетипичным условиям. В этом случае вполне оправдано применение метода компьютерного моделирования при условии, что он учитывает всё многообразие факторов, влияющих на процесс сдвижения и подтверждается данными натуральных измерений.

Постановка задач исследований. Целью данной работы является исследование зависимости между максимальными оседаниями земной поверхности, глубиной работ и размерами очистной выработки с помощью компьютерного моделирования и сопоставление полученных данных с фактическими результатами наблюдений.

Изложение материала и результаты. Автором разработана математическая модель и на её основе составлена программа расчета сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности, основанная на представлении массива горных пород в виде дискретной слоистой среды блочной структуры [2]. В результате моделирования частицы (участки) горных пород или земной поверхности перемещаются, образуя векторы сдвижений. По направлению и величине данных векторов можно судить об изменениях в положении исходной линии или поверхности и соответствующих деформациях, вызванных этими изменениями.

Максимальные оседания в мульде сдвижения согласно официальной методике [1] зависят от степени подработанности массива горных пород, определяемой отношением размеров выработанного пространства к глубине разработки. Графики зависимости относительного максимального оседания (отношения максимального оседания к мощно-

сти пласта) от безразмерной величины – отношения размеров выработанного пространства к глубине разработки считаются своеобразным паспортом процесса сдвижения для определённых горногеологических условий.

В работе [3] приведены результаты исследований изменения максимального оседания при формировании мульды сдвижения в зависимости от соотношения размеров лавы и глубины разработки для условий Западного Донбасса. По фактическим данным построена кривая зависимости между относительным максимальным оседанием и отношением размеров выработки к глубине. При сравнении данной зависимости с графиками, построенными по официальной методике и данным работы [4] сделан вывод об их несоответствии.

Для проверки данных результатов выполнено компьютерное моделирование процесса отработки лавы (рис.1.).

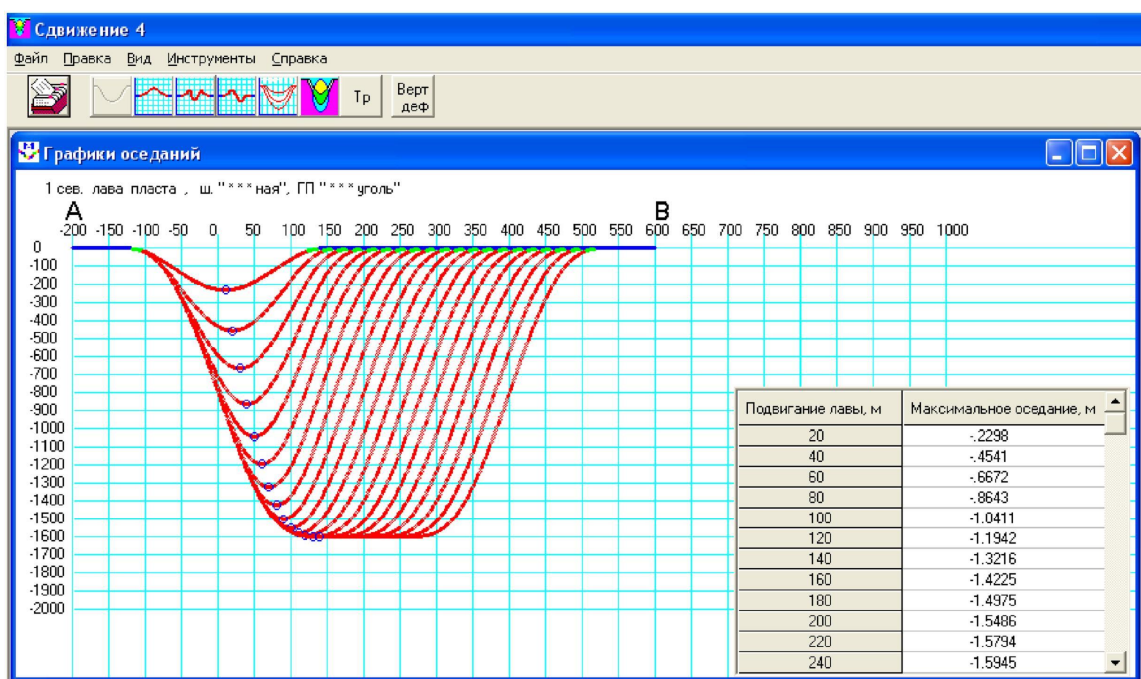


Рис. 1. Моделирование процесса отработки лавы.

При моделировании учитывались:

- горнотехнические параметры (размер выработанного пространства по простиранию и падению);
- горногеологические факторы (глубина залегания пласта, угол падения, мощность, зависание пород у границ выработанного пространства, показатель сдвигаемости горных пород – интегральный параметр, учитывающий свойства горного массива, влияющие на его сдвижение [2]);
- геометрические параметры моделирования (положение точек профильной линии в пространстве, определяемое координатами начальной точки, углом разворота, расстоянием между точками; размеры элементарной области пласта, инициирующей процесс сдвижения, угол направления области сдвижений);
- дополнительные параметры (направление движения забоя лавы, мощность наносов).

Моделирование выполнялось для различных размеров выработанного пространства вкрест простирания D_1 и глубин разработки H , которые оставались постоянными для каждой серии опытов. Изменение длины выработанного пространства происходило

при подвигании лавы по простиранию, что соответствовало условиям работы [3]. Угол падения пласта принимался равным нулю. В результате моделирования получены графики динамических мульд сдвижения при подвигании лавы через 20 м, а также численные значения максимальных оседаний для каждой мульды.

Для построения графиков зависимости максимального оседания от размеров выработанного пространства определялись относительное максимальное оседание – отношение максимального оседания к мощности пласта η_m/m , а также отношение размеров лавы по простиранию к глубине разработки D/H . При определении относительного максимального оседания учитывалась поправка на зависание пород у границ выработанного пространства, то есть к расчету принималась эффективная длина лавы, равная $D - \Delta D$; ΔD принималось равным 40 м. Полученные для различных условий графики приведены на рис. 2.

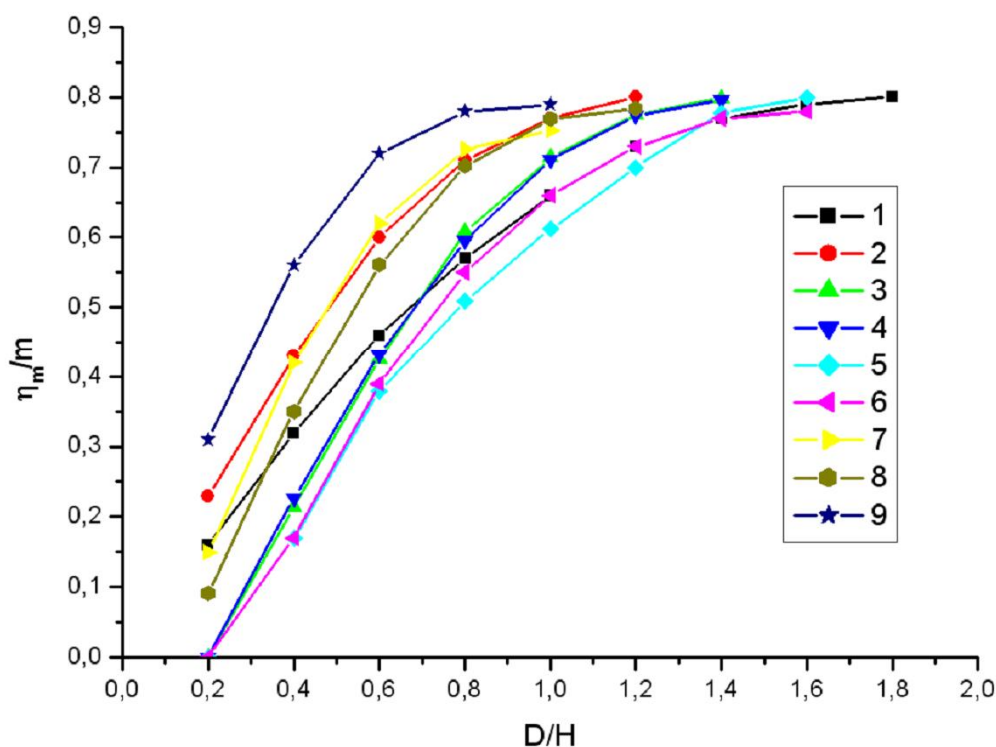


Рис. 2. Графики зависимости относительного максимального оседания от отношения размера выработки к глубине: 1 – при $D_1 = 300$ м, $H = 100$ м; 2 – при $D_1 = 300$ м, $H = 200$ м; 3 – по данным [3]; 4 – при $D_1 = 300$ м, $H = 200$ м; 5 – по данным [4]; 6 – при $D_1 = 200$ м, $H = 180$ м; 7 – при $D_1 = 300$ м, $H = 400$ м; 8 – при $D_1 = 300$ м, $H = 300$ м; 9 – при $D_1 = 300$ м, $H = 400$ м; 1, 2, 9 – без учета зависания пород; 4, 6, 7, 8 – с учетом зависания пород.

Анализируя графики, полученные при моделировании (рис.2), необходимо отметить, что при равных размерах выработанного пространства D_1 относительное максимальное оседание возрастает с увеличением глубины разработки H . Такая же тенденция наблюдается и при отсутствии зависания пород у границ выработанного пространства, что объясняется увеличением размеров выработанного пространства. Хотя все графики в пределах стремятся к значению 0,8, которое равно относительному максимальному оседанию при полной подработке, вывести универсальную закономерность для их построения не представляется возможным. Необходимо также иметь в виду, что размер

выработанного пространства вкрест простирания должен обеспечивать полную подработку земной поверхности.

Очевидно, что каждому конкретному набору условий соответствует своя зависимость относительного максимального оседания от отношения размеров выработки к глубине. Поэтому попытка найти универсальный график пусть для отдельного региона, например Западного Донбасса, по нашему мнению не может увенчаться успехом. Компьютерное моделирование позволяет учесть соответствующие средние условия, при которых будет выполняться определённая зависимость.

На рис.3 изображены графики зависимостей, полученных из результатов натуральных наблюдений и компьютерного моделирования. График E построен по фактическим данным [3]. Ему соответствует график F, полученный при компьютерном моделировании с учетом фактических горногеологических условий. График H построен по данным [4], график G – соответствующий результат компьютерного моделирования. Как видно из рисунка, наблюдается практически полная сходимость графиков E, F и удовлетворительная сходимость графиков H, G.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения разработанного метода компьютерного моделирования процесса сдвижения горных пород и земной поверхности для прогнозирования значений максимальных оседаний для заданных условий.

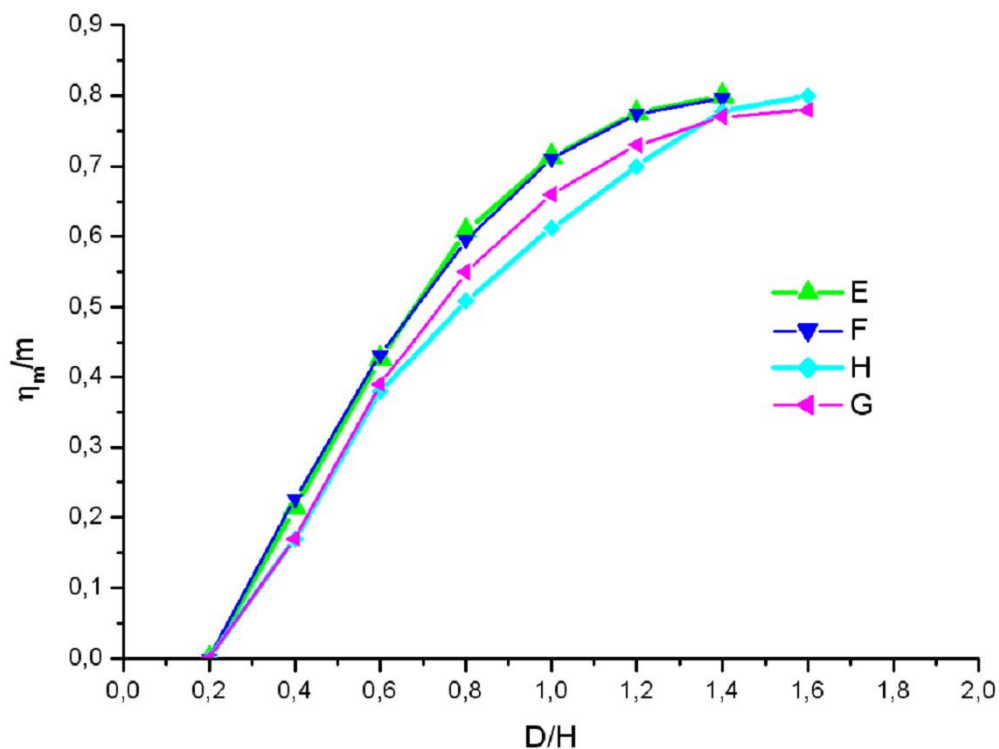


Рис. 3. Сравнение графиков, полученных по результатам натуральных измерений и при компьютерном моделировании: E – по данным [3] с корректировкой на относительное максимальное оседание при полной подработке 0,8 (по настройке компьютерной программы); F – компьютерное моделирование при $D_1 = 300$ м, $H = 200$ м; H – по данным [4]; G – компьютерное моделирование при $D_1 = 200$ м, $H = 180$ м.

В процессе моделирования была отмечена интересная особенность, заключающаяся в том, что при увеличении глубины разработки при постоянном отношении D/H

увеличивалось относительное максимальное оседание η_m/m , что делало невозможным определить универсальную зависимость между этими параметрами даже для постоянных условий. Из этого следует вывод, что для определённой глубины разработки существует своя зависимость η_m/m от D/H . В действующем нормативном документе [1] введены поправки к D/H в зависимости от глубины разработки, но по нашему мнению они недостаточно учитывают данную особенность.

На рис.4 изображены графики зависимостей η_m/m от H при постоянных значениях D/H , полученные из результатов компьютерного моделирования.

Каждый из графиков соответствует определённому постоянному значению отношения размеров выработанного пространства к глубине разработки, которое должно соответствовать определённому значению относительного максимального оседания, но данное условие не выполняется и виден явный рост η_m/m при увеличении H .

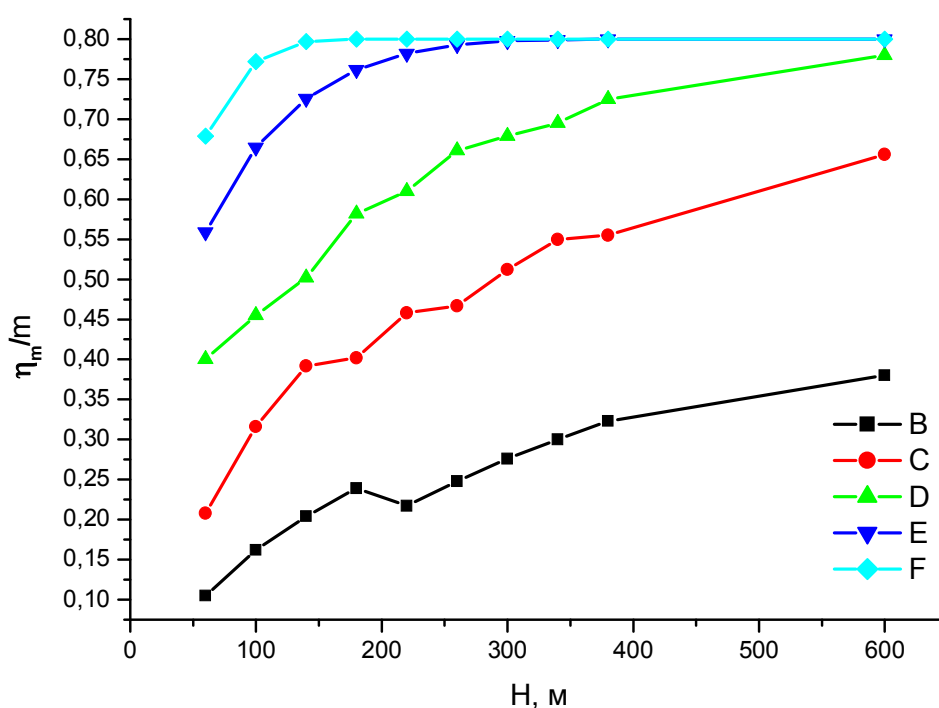


Рис. 4. Графики изменения относительного максимального оседания в зависимости от глубины разработки: В, С, Е, Д, Д, F – соответственно для отношения D/H , равного 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,4.

Для объяснения причин влияние глубины разработки на изменение значения относительного максимального оседания проанализирована динамика изменения максимального оседания от увеличения глубины разработки при постоянном размере выработанного пространства и от увеличения размеров выработанного пространства при постоянной глубине разработки. Установлено, что максимальное оседание при увеличении глубины разработки в 2 раза уменьшается в 1,1 – 2 раза, а при соответствующем увеличении размеров выработанного пространства – увеличивается в 1,4 – 3 раза. При постоянном отношении D/H происходит пропорциональное увеличение или уменьшение D и H , которые при этом оказывают непропорциональное воздействие на значение максимального оседания.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, разработанная математическая модель процесса сдвижения горных пород и земной поверхно-

сти, реализованная в виде компьютерной программы, позволяет прогнозировать ожидаемые максимальные оседания земной поверхности. Полученные в результате моделирования результаты хорошо согласуются с фактическими данными натурных наблюдений за процессом сдвижения. Возможности данной модели позволяют исследовать процесс сдвижения с целью установления новых закономерностей в его развитии.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.001.00159226.001-2003. –Київ, 2003.-128 с.
2. Кодунов Б.А. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений / Б.А. Кодунов // Уголь.- 1991.-№2. - С.54-56.
3. Бака Н.Т. Графоаналитическое описание максимальных оседаний при формировании мульды сдвижения / Н.Т. Бака, В.А. Назаренко, А.С. Кучин, Н.С. Кашина // Науковий вісник Національного гірничого університету.-2006.-№9.-С. 3-6.
4. Иофис М.А. Научные основы управления деформационными и дегазационными процессами при разработке полезных ископаемых / М.А. Иофис - М.: Изд. ИПКОН, 1984. – 230 с.

Б.А. Кодунов

За допомогою комп'ютерного моделювання процесу зрушення земної поверхні під впливом підземних гірничих робіт розглянуто залежність максимальних осідань від розмірів виробленого простору та глибини залягання вугільних пластів для умов Донбасу.

зона зрушення, максимальні осідання, крива осідань

В.А. Kodunov

By means computer modeling of earth surface displacements under act of underground mining works the dependence of the maximal vertical displacement on the size of the mining space and depth of bedding of coal seams for the terms of Donbass are considered.

area of displacement, maximal vertical displacement, subsidence profile