

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК:622.272

М.В. Писаренко, И.Л.Борисов

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОЖИДАЕМЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Различные информационные системы (САПР-система автоматизированного проектирования, СУБД- система управления базами данных) давно успешно используются в производстве и позволяют уменьшать трудоемкость решения различных задач. Появление и расширение рынка геоинформационных систем - ГИС, которые расширяя возможности САПР и СУБД, выводят на новый уровень решение задач горного дела, требующих пространственного анализа территориально распределенных данных и возможности совмещения их с методиками обработки горно-геологической и другой информации. Примером использования возможностей ГИС-технологий служит представленный ниже алгоритм расчета ожидаемых сдвигений и деформаций земной поверхности в результате ведения подземных горных работ.

В процессе добычи угля и проведении горных выработок изменяется напряженное состояние горных пород, это приводит к их деформации и сдвигению. Сдвигение горных пород при определенном соотношении размеров выработанного пространства и глубины достигает земной поверхности, и она так же претерпевает деформацию. Участок земной поверхности, подвергшийся сдвигению под влиянием горных выработок принято называть зоной сдвижения земной поверхности, участок земной поверхности подвергшейся влиянию от отдельной очистной выработки- мульдой сдвижения [1].

Границы мульды сдвижения определяются граничными углами. Это внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды горизонтальной линией и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с граничными точками сдвижения (в качестве которых принимают обычно точки, получившие оседание 10-15 мм или наклоны и горизонтальные деформации $0,5 \times 10^{-3}$) [1].

При определенном соотношении размеров выработанного пространства и глубины разработки в мульде сдвижения образуется плоское дно, т.е. участок с максимально возможными оседаниями при данной мощности, глубине и угле падения пласта. На этом участке сдвиже-

ния носят в основном равномерный характер. Условия, при которых в мульде сдвижения образуется плоское дно, принято называть полной подработкой земной поверхности. Границы плоского дна определяются углами полных сдвигений ψ_1, ψ_2, ψ_3 . При неполной подработке положение точки, имеющей максимальное оседание определяется углом максимального оседания θ .

Расчет сдвигений и деформаций земной поверхности выполняется согласно нормативной методике [1]. Однако процессы вычисления и отображения сдвигений и деформаций земной поверхности в привязке к плану горных работ, построение измененного рельефа поверхности в результате ведения горных работ являются трудоемкими и поэтому обычно ограничиваются расчетами и построением графиков и разрезов в главных сечениях (по простирианию и падению пласта).

Интеграция геоинформационных систем, каждая из которых нацелена на выполнение своей функции (вычисления, построения модели поверхности, пространственного представления, манипулирования, анализа и визуализации пространственных данных), позволяет решать задачи такого плана достаточно быстро и эффективно.

Для расчета ожидаемых сдвигений и деформаций земной поверхности, авторами данной статьи предлагается использовать следующие программные продукты:

- AutoCAD - (или ГИС, например MapInfo 6.5) – для визуализации, привязки к планам горных работ;
- Surfer 8 – для построения карт поверхности, разрезов;
- Microsoft Office Excel – для проведения расчетов.

Использование пакета AutoCAD объясняется тем, что исходные планы горных работ, а также дальнейшая работа с полученными данными, будет осуществляться в среде AutoCAD.

Использование Microsoft Office Excel основано на том, что это широко распространенный и применяемый продукт; кроме того, полученный

расчетный файл можно будет легко передать в любую ГИС-систему, а при необходимости, вывести промежуточные результаты расчетов.

Использование Surfer основано на том, что это наиболее известный продукт, обладающий наиболее мощным и гибким аппаратом обработки гридов. Surfer легко и быстро преобразует XYZ данные в гриды и эффектные карты изолиний, 3D поверхностей, теневого рельефа, фотообраза, векторных градиентов и т.п., предоставляя больше методов и параметров обсчета гридов чем любой другой пакет.

Алгоритм построения и вычисления ожидаемых параметров сдвижения определяется следующими действиями.

1. Вводятся исходные горнотехнологические данные: глубина отработки, длина лавы по простиранию и по падению, угол падения и мощность пласта, мощность насосов, наличие подработки.

2. Вычисляются углы сдвижения, максимального оседания и полных сдвигений, коэффициенты N_1 и N_2 , максимальное оседание, длины мульд по простиранию и падению согласно [1].

3. Определяются координаты точек мульды сдвижения и ожидаемые параметры сдвижения. Для этого создается регулярная сетка и определяются координаты узлов этой сетки в условных системах. Узлы сетки образуются в

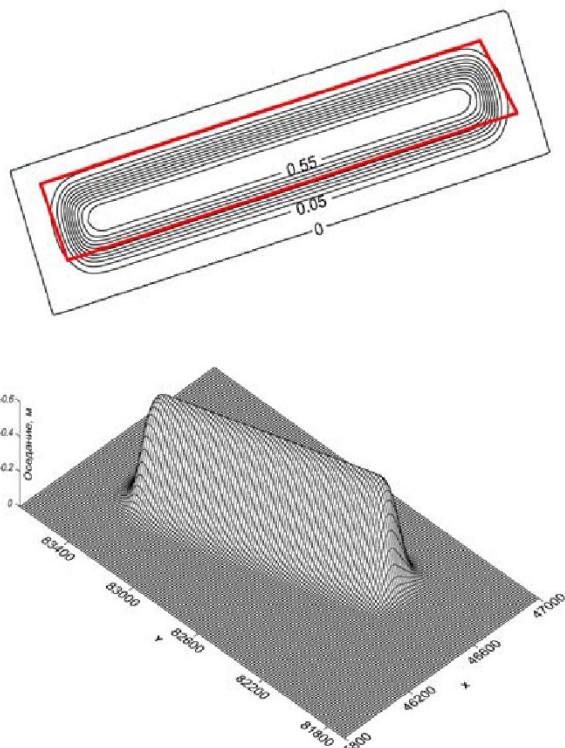


Рис.1. Ожидаемые оседания земной поверхности представлена в двух и трех мерном пространствах (лава 451, пласт XXIV, ш. «Первомайская»).

результате пересечения перпендикуляров, проведенных к оси X и Y через равные отрезки. За

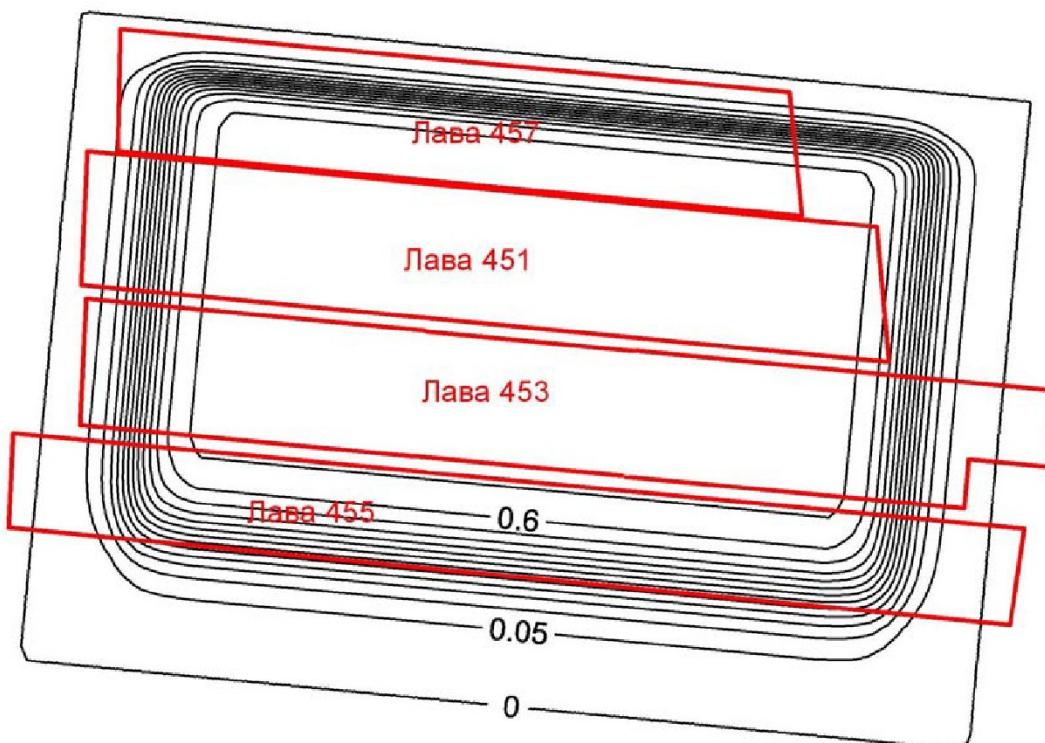


Рис.2. Ожидаемые оседание земной поверхности от 4-х лав, рассчитанные по средним геометрическим размерам выемочных столбов

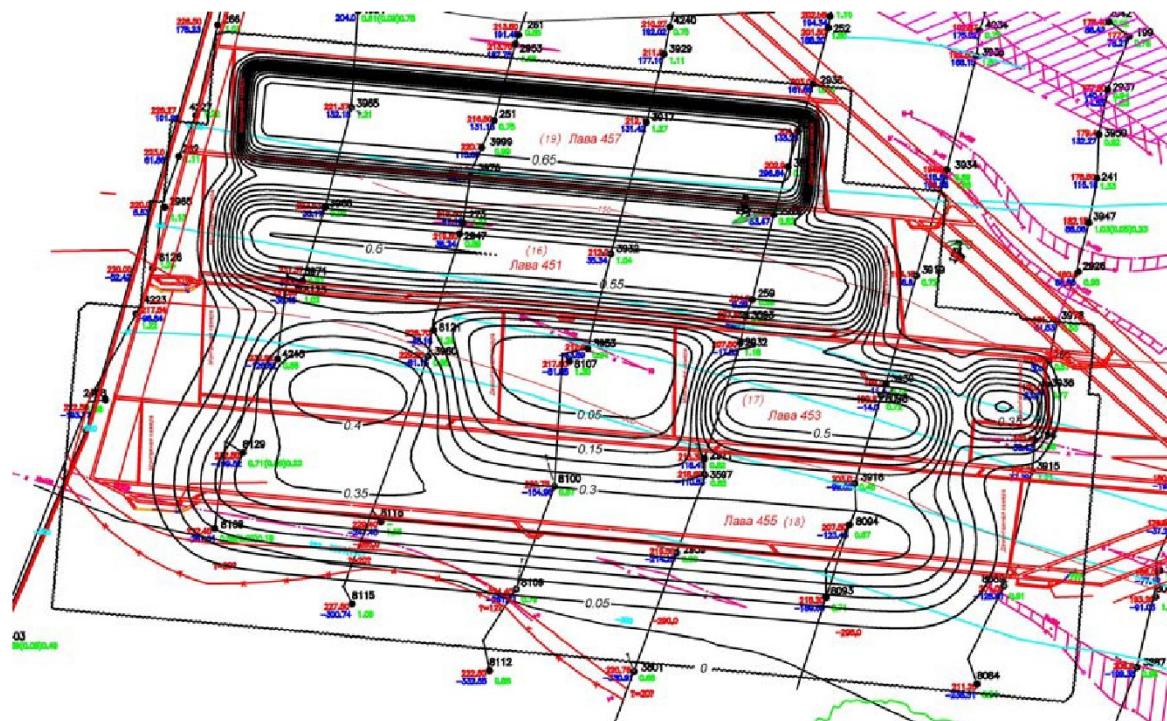


Рис. 3. Ожидаемые оседания: представление в изолиниях и привязанные к плану горных работ в AutoCADe

начало условных координат принимается точка, соответствующая середине выработки, ось X проходит в главном сечении мульды и совпадает по направлению с простиранием пласта, ось Y проходит в главном сечении мульды вкрест простириания пласта и направлена в сторону восстания пласта.

4. В точках сетки согласно методике [1] вычисляются ожидаемые:

- оседания;
- наклоны в заданном направлении;
- горизонтальные деформации в заданном направлении;

- кривизна в заданном направлении;
- горизонтальные сдвиги в заданном направлении;
- координаты узлов сетки пересчитываются в исходную систему координат (в которой представлен план горных работ) по известным в аналитической геометрии формулам.

Для автоматизации вычислений описанных в п.2-4, написан макрос в среде Visual Basic для Excel, результатом выполнения которого является табличный файл, в котором хранятся пространственные координаты и значения ожидаемых параметров сдвигов в точках мульды.

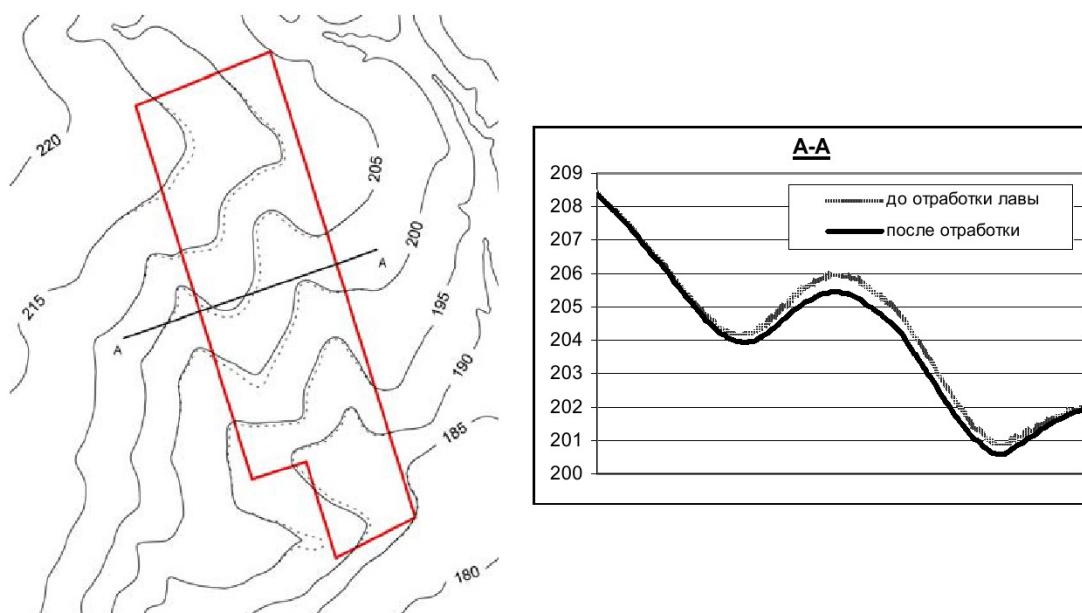


Рис. 4. Изолинии земной поверхности и разрез по линии A-A

Этот файл передается в Surfer , где строятся грид-темы. На основе грид-тем можно проводить следующие аналитические операции: определение уклонов склона, создание рельефа с отмывкой, вычисления кривизны поверхности, математические и статистические расчеты, построение разрезов по заданному направлению. Полученная грид-тема ожидаемых оседаний в точках мульды может быть представлена в виде изолиний или поверхности (рис.1).

Нормативными документами рекомендуется [1] проводить расчет параметров ожидаемых оседаний земной поверхности, от влияния нескольких лав при мощности целика меньшей 0,1 глубины, как от одной лавы, принимая осредненные значения длины лавы и глубины выемочного столба. Однако выемочные столбы могут иметь разную длину, а расчет по средним значениям вносит ошибки и неточности. Демонстрация этого показана на рис. 2, где представлен фрагмент построенной мульды в изолиниях, от влияния четырех лав, по усредненному значению длины выемочного столба. Как видно из представленных данных, граница мульды сдвижения имеет меньший размер, нежели площадь, которая была отработана для одного столба, или больший для другого.

Для исключения неточностей, связанных с осреднением данных при определении зоны сдвижения земной поверхности, авторами предлагается расчет ожидаемых сдвигений и деформаций производить для каждой лавы, по вышеописанному алгоритму. Далее, например, средствами Surfer строить грид-мульды сдвиже-

ния, а с помощью . пакета совершать математические операции с поверхностями, складывая их, получать результирующий грид, определяющий зону сдвижения земной поверхности. Последний через обменный формат можно передавать в AutoCAD (MapInfo или любой ГИС-пакет), где полученный результат совмещается с планами горных работ. Фрагмент результата определения ожидаемых оседаний при ведении подземных горных работ по пласту ХХIV для горно-геологических и горнотехнологических условий ОАО «Шахты Первомайская» представлен на рис. 3.

Далее, имея исходную цифровую модель земной поверхности (она должна быть как можно точнее, т.е должно быть достаточно точек с высотными отметками, по которым можно построить адекватную цифровую модель с изолиниями не реже чем, через 1 м) и используя операцию вычитания гридов поверхности и ожидаемых оседаний, получаем новую поверхность, которая отражает результат влияния ведения подземных горных работ на земную поверхность (рис. 4). Используя возможности пакета, можно построить и профиль по выбранному направлению.

Таким образом, описанный выше алгоритм использования ГИС-технологий позволяет довольно быстро и наглядно рассчитать и визуализировать ожидаемые сдвигения и деформации земной поверхности, а также оценить степень влияния подземных горных разработок на земную поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1996, 288 с.

Авторы статьи:

Писаренко
Мария Владимировна
- канд.техн. наук, доц. каф. марк-
шайдерского дела и геодезии , ст.
научн. сотр. Института угля и угле-
химии СО РАН

Борисов
Иван Леонидович
- инженер Института угля
и углехимии СО РАН