

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МУЛЬДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ ОСЕДАНИЯ ПОЧВЫ

Степанов Ю.А., Шабанов Д.Е., Степанов И.Ю.

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Ключевые слова: оседание земной поверхности, параметры мульды, информационная модель.

Аннотация. Целью работы является построение информационной модели системы, позволяющей рассчитать параметры мульды оседания земной поверхности, возникающей в результате подземных работ по добыче полезных ископаемых. Для этого была рассмотрена имеющаяся методика, позволяющая рассчитывать оседание в точках земной поверхности, возникающее при её подработке. На основании приведенных в ней данных были составлены диаграмма потоков данных и ER-диаграмма баз данных. Эти диаграммы могут быть использованы для дальнейшей разработки информационной рекомендательной системы, которая будет использоваться при планировании горнодобывающих работ, в частности, для анализа последствий оседания, возникающего под зданиями и сооружениями на территории добычи полезных ископаемых

INFORMATION MODEL FOR CALCULATION OF MULD PARAMETERS FOR PREDICTION OF HAZARDOUS AREAS OF SOIL SUBMISSION

Stepanov Yu.A., Shabanov D.E., Stepanov I.Yu.

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Keywords: subsidence of the earth's surface, trough parameters, information model.

Abstract. The aim of the work is to build an information model of the system that allows calculating the parameters of the subsidence trough of the earth's surface resulting from underground mining operations. For this, the existing methodology was considered, which makes it possible to calculate subsidence at points on the earth's surface that occurs during its undermining. Based on the data presented in it, a data flow diagram and an ER diagram of databases were compiled. These diagrams can be used to further develop an information advisory system that will be used in mining planning, in particular to analyze the effects of subsidence occurring under buildings and structures in a mining area.

Угольная промышленность играет значимую роль в мировой экономике: уголь является не только ценным топливом, но и активно используется в качестве сырья в химической промышленности. В это же время добыча угля сопряжена с различными проблемами. Помимо опасных условий непосредственно самого процесса добычи, существует также проблема деформации земной поверхности в результате выемки запасов угля. Эти деформации могут стать причиной повреждений или даже разрушений зданий и сооружений, попавших в зону сдвижения горных пород. Таким образом, важно было бы иметь систему, которая бы позволила моделировать мульду сдвижения земной поверхности – её границы, величины возникших деформаций и т.д.

Исследованиям в области горнодобывающих работ, в частности возведения сооружений на подрабатываемых территориях, занимались ещё с 1960-х годов, хотя эта проблема всё ещё не потеряла актуальность. Этим исследованиям было отведено много времени и ресурсов, и, как следствие, была утверждена методика вычисления параметров мульды оседания, описанная в документе «Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях». Для того чтобы собрать и обобщить информацию, приведенную в документе, ученые занимались аналитическими исследованиями, а также фиксацией фактических последствий горных работ под сооружениями. Формулы, используемые для расчета показателей деформации поверхности земли, были выведены рядом исследователей (С.Г. Авершиным, Д.А. Казаковским и др.), которые занимались обработкой данных полученных в результате натуральных инструментальных наблюдений. Так как эта методика считается весьма эффективной в оценке возможных сдвижений земной поверхности и, как следствие, была утверждена Госгортехнадзором России, то именно её стоит рассматривать как основной источник теоретических данных в этой отрасли [1].

Границы зоны, попадающей под влияние горнодобывающих работ, предлагается рассчитывать по граничным углам [2]. Это углы за пределами подземной выработки, образованные на главном вертикальном сечении мульды сдвижения горизонтальными линиями и линиями, последовательно проведенными в коренных породах и наносах, соединяющими подземную выработку с мульдой оседания на земной поверхности [3].

Важной характеристикой является угол максимального оседания θ – угол, который образуется, когда прямую, образованную серединой выработанного пространства и точкой максимального оседания, соединяют с горизонтальной прямой, проведенной в главном сечении мульды на разрезе по вертикали [3].

Существует также такое понятие, как длина полумульды. Длина полумульды – характеристика, отображающая протяженность линии, которая соединяет границу мульды с проекцией угла максимального оседания на земную поверхность. Как правило, используют обозначения L_1 для полумульд по падению, L_2 для полумульд по восстанию и L_3 для полумульд по простиранию [3].

В ходе различных теоретических исследований и практических опытов были установлены различные факторы, которые оказывают влияние на процесс сдвижения. Одну из важнейших ролей играет непосредственно вынимаемая мощность пласта. Так, максимальное значение деформаций зависит от мощности прямо пропорционально. Следующим фактором можно выделить угол, под которым залегает порода относительно горизонтальной плоскости. С его увеличением увеличивается отношение горизонтальных деформаций к вертикальным. Необходимо также упомянуть такой фактор, как глубина горных работ. В частности, границы зоны влияния растут

пропорционально глубине. Ещё одним важным параметром являются характеристики различных видов горных пород, в которых располагается пласт. Их свойства учтены в вышеупомянутом документе в зависимости от месторождения, на котором ведется работа.

Итак, согласно данной методике максимальное оседание земной поверхности вычисляется по формуле [1]

$$\tau_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \quad (1)$$

где τ_m – максимальное оседание земной поверхности (метры);

q_0 – относительная величина максимального оседания, безразмерная величина;

m – вынимаемая мощность пласта, метры;

α – угол падения пластов, градусы;

N_1 и N_2 – коэффициенты подработанности земной поверхности, соответственно вкрест простирания и по простиранию, безразмерные величины.

Однако оседание распределяется по области мульды неравномерно. Достигая максимума в центре, оно уменьшается ближе к границам. Нам важно знать оседание в конкретных точках мульды, ведь чем больше оседание в выбранной точке, тем опаснее нахождение в ней сооружений, хотя различные материалы допускают различный максимальный допустимый уровень. Вычисляется оно по формуле [1]

$$\tau = \tau_m \cdot S(z_x) \cdot S(z_y), \quad (2)$$

где τ – оседание в точке с координатами (x, y) , метры;

$S(z)$ – функция типовой кривой оседания, значения которой вычисляются по приложению, приведенному в методике;

z определяется отношением координаты точки к длине соответствующей полумульды ($z_x = \frac{x}{L_3}$ в главном сечении по простиранию, $z_{y1} = \frac{y1}{L_3}$ – по падению, $z_{y2} = \frac{y2}{L_3}$ – по восстанию пласта).

Применяя данные формулы, мы способны рассчитать параметр оседания земли в главных и параллельных им сечениях мульды.

Анализ вышеприведенных формул предполагает следующий алгоритм использования методики. От пользователя требуется ввести длины выработки вкрест простирания и по простиранию, глубину выработки, угол падения пласта и его вынимаемую мощность, а также выбрать на каком месторождении производится подработка.

Исходя из этих данных, а также данных, высчитанных экспериментальным путём для ряда месторождений (Челябинский бассейн, Восточный Донбасс и др.), описанных в вышеуказанном нормативном документе, мы находим граничные углы, относительную коэффициент максимального оседания q_0 и коэффициенты подработанности N_1, N_2 .

Опираясь на полученные значения величин, можно геометрически по высчитанным углам найти длины полумульд L_1 , L_2 , L_3 , а также величину максимального оседания по формуле (1) и величину оседания в точках главной оси и точках сечений, параллельных главным осям, по формуле (2). Теперь, зная исходные координаты подрабатываемого участка можно также визуализировать мульду сдвижения на поверхности земли.

Таким образом, мы получаем следующую диаграмму потоков данных.



Рис. 1. Диаграмма потоков данных

Согласно данной диаграмме пользователь вводит исходные данные, которые сохраняются в таблицу исходных данных. После этого высчитываются параметры мульды (длины полумульд, максимально оседание и т.д.), при подсчете используются данные из таблицы данных введенных пользователем, а также из таблицы с данными по месторождениям (например, данные об относительной величине максимального оседания или о граничных углах). Эти высчитанные параметры сохраняются в отдельную таблицу. Она же используется для того, чтобы высчитать значение оседания в конкретных точках осей мульды. Данные об оседании также сохраняются в отдельную таблицу, после чего они вместе с данными об параметрах мульды отправляются в модуль визуализации и там используются для генерации необходимых изображений.

Используя вышеприведенное описание процесса можно предложить следующую структуру базы данных, представленную на изображении [4].

Из данной диаграммы можно получить основные сущности базы данных и связи между ними. В качестве сущностей (таблиц) выделены Входные данные, используемые для хранения исходных вводимых пользователем данных; Месторождение (для хранения данных о месторождениях); Вычисляемые значения, Смещение по горизонтали и Смещение по вертикали (для хранения вычисляемых данных о параметрах мульды и оседаниях в точках мульды).

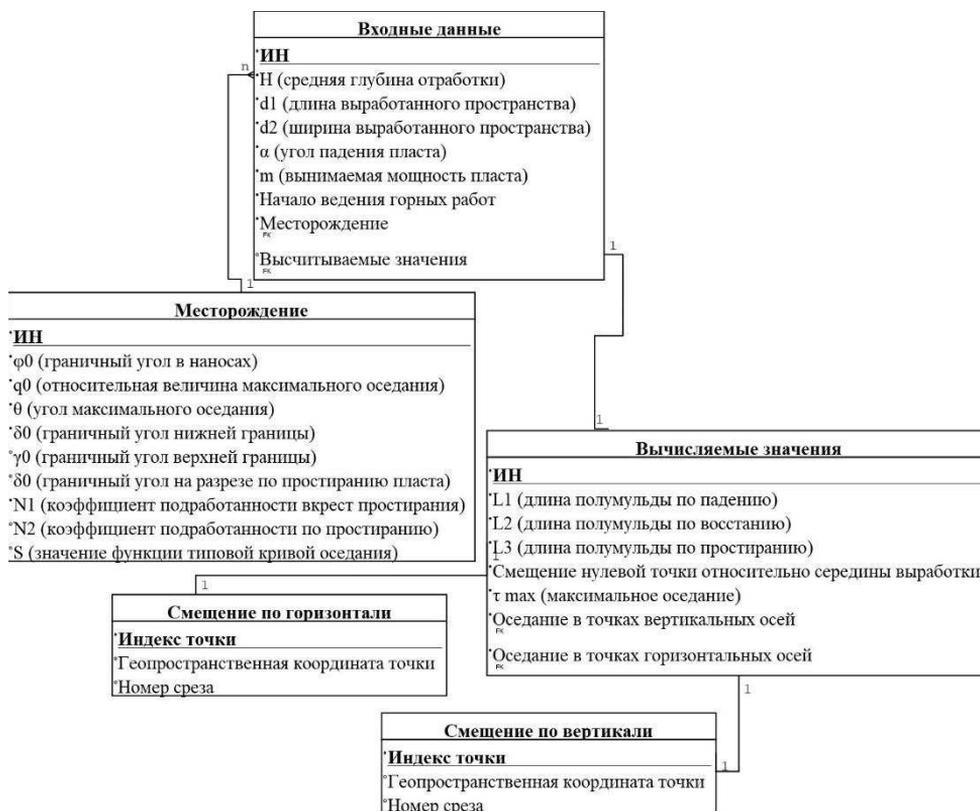


Рис. 2. ER-диаграмма

Итак, представленная информационная система демонстрирует, что для имеющейся карты местности и точек на ней можно рассчитать параметры мульды и визуализировать их, подготовив средства построения изолинии. Также данные о смещении точек могут быть использованы для анализа в рекомендательной системе, которая будет предупреждать пользователя об опасности возведения сооружения на определенной местности из-за показателей оседания земли в этой области. Подобная система могла бы быть весьма актуальной для регионов с развитой добычей угля. В подобных местностях часто сталкиваются с проблемами, сопутствующими проседанию земной поверхности при возведении сооружений, такими как повреждения в фундаментах или газопроводах. В связи с этим здания могут стать непригодными для эксплуатации. Но, имея систему прогнозирования, планы по строительству можно скорректировать, ориентируясь на состояние земной поверхности.

Список литературы

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: Утв. Госгортехнадзором РФ 16.06.98. – СПб., 1998. – 290 с.

2. Грищенко Н.Н. Геометрия построения мульды сдвижения над очистной выработкой прямоугольной формы / Н.Н. Грищенко, В.Р. Шнеер, Е.В. Блинникова // Научные работы ДонНТУ. Серия «Горно-геологическая» – Донецк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – Вып. 11(161). – С. 195-203.
3. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях Ч. 1. Исходные данные, для проектирования зданий и сооружений на подрабатываемых территориях / НИИСК Госстроя СССР, ВНИМИ Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
4. Петер Пин-Шен Чен. Модель «сущность-связь» — шаг к единому представлению о данных / пер. с англ. М.Р. Когаловский // Системы управления базами данных. 1995. № 03. С. 137-158.

References

1. Rules for the protection of the environment and natural objects from harmful research of underground mining in coal deposits: Approved Gosgortekhnadzor of the Russian Federation 16.06.98. – SPb., 1998. – 290 p.
2. Grishhenkov N.N. The geometry of construction of a trough of addition over a rectangular-shaped working / N.N. Grishhenkov, V.R. Shneer, E.V. Blinnikova // Scientific works of DonNTU. Series «Mining and technical» – Doneck, DVNZ «DonNTU», 2010. – No. 11(161). – P. 195-203.
3. Guidelines for the design of buildings and structures in undermined territories Part 1. Initial data for the construction of buildings and structures in undermined territories / NIISK Gosstroja USSR, VNIMI Minugleprom USSR. – M.: Strojizdat, 1983. – 136 p.
4. The Entity-Relationship Model-Toward a Unified View of Data / translated from English by M.R. Kogalovskij // Database management systems. 1995. No.03. P. 137-158.

Степанов Юрий Александрович – профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ	Stepanov Yury Alexandrovich – professor of the UNESCO Department for ICT
Шабанов Данила Евгеньевич – бакалавр	Shabanov Danila Evgenievich – bachelor
Степанов Иван Юрьевич – аспирант	Stepanov Ivan Yurievich – postgraduate
alvarsondar@gmail.com	

Received 02.04.2022