

УДК 622.834

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА ПОСЛЕДСТВИЙ
ПОДРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДОНБАССА
ПОДЗЕМНЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ**

Н.Н. Грищенко

Донецкий национальный технический университет

Описаны компьютерные технологии: сбора числовой и графической информации о горных работах и объектах подработки; расчёта сдвижений и деформаций земной поверхности в зонах влияния очистных работ; анализа влияния подработки на конкретные объекты, расположенные на поверхности, и оценки необходимости применения мер защиты; выбора соответствующих мер защиты объектов.

Горные отводы большинства угольных шахт Донбасса располагаются на территориях с развитой социальной и производственной инфраструктурой, поэтому неизбежные сдвигения и деформации земной поверхности, вызванные выемкой угольных пластов, способны нанести значительный ущерб зданиям, сооружениям, инженерным коммуникациям и природным объектам. Выемка угольных пластов в таких условиях осуществляется по специальным проектам подработки, в которых выполняется прогноз ожидаемых деформаций земной поверхности, оцениваются последствия подработки для конкретных объектов и в необходимых случаях выбираются соответствующие меры защиты объектов.

Проекты подработки являются достаточно сложными в отношении их структуры и содержания, требуют высокой квалификации исполнителей и отличаются значительной трудоёмкостью. Поэтому использование при разработке таких проектов современных компьютерных технологий, способных существенно повысить качество проектов и производительность их разработки, является весьма актуальной научно-технической задачей.

При разработке проектов подработки основными видами работ являются: а) сбор числовой и графической информации о горных работах и объектах подработки; б) расчёт сдвижений и деформаций земной поверхности в зонах влияния очистных работ; в) анализ влияния подработки на конкретные объекты, расположенные на поверхности, и оценка необходимости применения мер защиты; г) выбор соответствующих мер защиты объектов.

Традиционная технология разработки проектов ориентирована в

основном на «ручные» методы сбора информации, формирования данных для расчётов, анализа результатов расчётов и определения мер охраны, этим и обусловлена высокая трудоёмкость данной технологии. Вместе с тем существует ряд элементов современной компьютерной технологии сбора информации для проектов подработки.

Так, для формирования цифровых моделей угольных пластов и подрабатываемых участков местности вполне пригодна технология, при использовании которой производится векторизация горизонталей на ранее отсканированных планах горных выработок и планах поверхности. При этом растровые изображения планов обязательно должны быть позиционированы по точкам с известными координатами (например, по координатной сетке). Координаты точек векторизованных полилиний извлекаются программным путём с помощью формата записи полилинии в файл чертежа и помещаются непосредственно в цифровые модели.

Аналогичным образом для формирования цифровых моделей могут использоваться электронные планы горных выработок и планы поверхности, созданные в Автокаде. В этом случае используется программа «распаковки» выделенной на чертеже полилинии, которая помещает пространственные координаты точек, составляющих полилинию, в текстовый файл либо в таблицу Excel.

Часто для формирования цифровых моделей местности и пластов одной «распаковки» полилиний (горизонталей, изогипс) оказывается недостаточно, и ту или иную цифровую модель необходимо дополнить рядом отдельных точек с известными отметками. Для этих целей также имеются соответствующие программы дигитализации, написанные на языках Visual Basic и AutoLisp для работы в Автокаде.

Цифровые модели поверхностей границ наносов и мезозойских отложений формируются наборами точек с известными координатами. Источниками этой информации являются стратиграфические колонки по скважинам на геологических разрезах и планах горных выработок. При явной недостаточности такой информации необходимые данные могут быть извлечены из паспортов бурения скважин, находящихся в геологической службе шахты.

Для полученных таким образом всех цифровых моделей следует построить регулярные сетки. Одним из наилучших инструментов для построения таких сеток является графическая система Surfer. Как показывает опыт, сетки следует делать квадратными с шагом 20-50 м, в качестве метода интерполяции следует выбрать крайгинг (kriging). В дальнейшем для получения отметок в необходимых для расчёта точках очень удобно пользоваться функцией Grid.Interpolate системы

Surfer (к сожалению, мало отражённой в документации).

Следует иметь в виду, что созданные цифровые модели местности и пластов на территории горного отвода шахты будут использоваться весь период отработки угольных пластов. Поэтому оцифрованные календарные планы развития горных работ легко совмещаются с построенными сетками и пригодны для дальнейших расчётов.

Автоматизация сбора материалов обследования подрабатываемых объектов (зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и др.) заслуживает отдельного рассмотрения. Стоит только заметить, что в современную практику обследования объектов вошло использование цифровых камер, смартфонов, планшетов. Информация с указанных устройств через «облачные» сервисы или же обычные устройства флеш-памяти передаётся разработчикам проектов.

К настоящему времени в институте УкрНИМИ создана достаточно развитая компьютерная технология расчёта сдвижений и деформаций земной поверхности. Эта технология использует существенно усовершенствованную математическую модель расчёта, включающую уточнённую геометрию мульды сдвижения, несколько вариантов полной/неполной подработки в пределах мульды, учёт влияния рельефа местности и др.). Значительно возросшая сложность расчётной модели практически исключает возможность ручных расчётов. Поэтому в полной мере расчётная модель реализована в программе «Подработка», разработанной в среде Delphi.

Кроме программы «Подработка», в составе компьютерной технологии присутствует ещё ряд программных средств. Стоит упомянуть некоторые из них. Так, очень полезной является программа MldPlot для отображения зон влияния лав, участвующих в расчёте. При подготовке одного из проектов подработки для шахты «Щегловская-Глубокая» на плане горных выработок автоматически отрисовывались границы зон влияния 28-ми лав, а в проекте для горловских шахт «Кочегарка» и им. Ленина велась отрисовка уже 130-ти лав.

Большим подспорьем в подготовке проектов является ряд программ отображения результатов расчётов. Среди них программы для построения в Excel интерактивных диаграмм различных деформаций по выбранному направлению, которые используются в проектах подработки железных дорог, трубопроводов и т.п.

Аналогичные программы, но уже для отображения графиков различных деформаций на планах горных выработок, используют системы Surfer и AutoCAD. Эти программы используются также для определения границ обследования объектов в пределах зон влияния отработываемых лав. Так, при подготовке проекта для шахты им. Н.П. Ба-

ракова из более чем 1000 объектов в зоне влияния лав, планируемых к отработке, из обследования было исключено около 40% объектов, где прогнозируемые деформации были менее пороговых значений.

Анализ результатов расчёта деформаций земной поверхности требует поиска необходимой информации в базах данных и проведения дополнительных вычислений. Для автоматизации наиболее трудоёмких процедур этого анализа была также разработана компьютерная технология. В частности, на основе результатов расчёта деформаций земной поверхности и данных обследования объектов работает программа определения расчётных показателей деформаций для подрабатываемых объектов. Аналогичная программа на основе информации из базы данных обследования объектов определяет коэффициент деформационного ресурса и допустимые показатели деформаций для подрабатываемых объектов. Следующая программа выполняет сравнение расчётных и допустимых показателей деформаций для подрабатываемых объектов, формирует список объектов, требующих применения к ним мер защиты, маркирует эти объекты и помещает их на отдельный графический слой в чертеже плана поверхности в Автокаде.

При подготовке проектов подработки магистральных газопроводов требуется выполнить ряд дополнительных расчётов, в частности статический расчёт прочности трубопровода и расчёт времени начала применения мер защиты и локализации зон применения мер защиты. Для реализации данных расчётов разработаны специальные программные средства.

В настоящее время в институте УкрНИМИ идёт разработка компьютерной подсистемы назначения мер защиты подрабатываемых объектов. Принципиальная схема такой подсистемы может быть реализована в двух вариантах:

- в виде процедурного блока, в котором реализован набор заданных сценариев типа «если – то»;
- в виде экспертной системы, в базу фактов которой помимо конструктивных характеристик объектов входят результаты расчёта деформаций и результаты обследования, а построение базы правил выполнено по сценариям типа «если – то».

Как показывает производственный опыт, при назначении мер защиты необходимо по возможности предлагать выбор из нескольких альтернативных вариантов, в которых должна быть основная рекомендуемая мера защиты и ряд дополнительных альтернатив. Компьютерная технология должна предусматривать такую множественность.

Многолетний опыт разработки технологии прогноза последствий

подработки объектов подземными горными работами позволяет сделать следующие выводы.

Выводы:

1. Большой объём, высокая ответственность и значительная трудоёмкость работ по прогнозу деформаций земной поверхности, оценки последствий подработки и назначения соответствующих мер защиты требуют применения более совершенных и производительных инструментов разработки проектов подработки. Традиционные методы, ориентированные на ручные вычисления, становятся практически неприменимыми.

2. В Донбассе имеются перспективные наработки и программные средства, которые позволяют автоматизировать выполнение значительной части работ по сбору информации, расчёту деформаций земной поверхности, анализу результатов расчётов, выбору мер защиты для конкретных объектов. Интеграция указанных средств позволяет создать компьютерную технологию прогноза деформаций земной поверхности, оценки последствий подработки и назначения соответствующих мер защиты.

3. Имеющийся опыт создания компьютерных технологий для разработки проектов подработки и поддержки принятия технических решений позволяет обоснованно выбрать платформы для указанных технологий и определить направления их дальнейшего развития.

Библиографический список

1. Грищенко, Н. Н. Геоинформационное обеспечение электронных планов горных работ / Н.Н. Грищенко // Наукові праці ДонДТУ. Серія гірнича геологія. Випуск 28. – Донецьк, ДонДТУ, 2001. – С.24–29.
2. Грищенко, Н. Н. Математическое моделирование сдвижений горного массива над одиночной лавой / И.Г. Сахно, Н.Н. Грищенко, Ф.М. Голубев // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Донецьк. – 2013. - № 13.- С. 209 - 219.
3. M. Grischenkov & E/ Blinnikova. Influence of undermined terrain mesorelief on accuracy of forecasting subsidence and deformation of earth surface /Mining of Mineral Deposits – Pivnyak, Bondarenko, Kovalevs'ka & Illiashov (eds), 2013, Taylor & Francis Group, London. – P. 343-345. ISBN: 978-1-138-00108-4