

**РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ
ГЕОМАТЕРИАЛОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ
СВОЙСТВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ**

На основі чисельних методів розроблена експрес-методика прогнозу стійкості геоматеріалів за зміною їх електропровідних властивостей під впливом гідрогіологічних факторів.

**WORKING OUT OF THE EXPRESS-METHOD OF THE FORECAST
GEOMATERIALS STABILITY ABOUT CHANGING THEIR
CONDUCTIVITY CHARACTERISTICS UNDER INFLUENCE OF THE
HYDROGEOLOGICAL FACTORS**

On the basis of numeral methods the express-method of the forecast geomaterials stability about changing their conductivity characteristics under influence of the hydrogeological factors was elaborated.

В сложных горно-геологических условиях расчеты напряженно-деформированного состояния производятся путем решения нелинейных задач теории упругости. Из приближенных методов наиболее приемлемым является метод конечных элементов, совмещенный с методом начальных напряжений и позволяющий описать трансверсально-изотропную область любого очертания, при этом сохраняется соответствие модели физическим процессам, реально происходящим в массиве. Современные программы позволяют сопоставить напряжения с прочностными свойствами пород, исследовать равновесие системы и определить условия ее устойчивости. Если ранее на вычисление достаточно простой геомеханической задачи уходило несколько часов машинного времени, то быстроедействие, память и другие сервисные возможности современных персональных ЭВМ позволяют решать их буквально за считанные секунды, поэтому, учитывая время протекания геомеханических процессов, такие расчеты можно условно принять за расчеты в "режиме реального времени".

Однако подготовка исходной информации – достаточно трудоемкий процесс, требующий проведения множества простых вычислений, построений и проверок. Кроме этого, исходные параметры прочностных свойств пород часто не отражают реально существующий объект, а зачастую попросту отсутствуют, что, в конечном итоге, сказывается на результатах вычислений и их достоверности. Каждая конкретная геомеханическая задача требует построения новой схемы (модели), поскольку в настоящее время отсутствуют простые унифицированные конечно-элементные схемы, позволяющие решать широкий класс горных задач по оценке и прогнозированию устойчивости выработок с возможностью изменения их исходных горно-геологических условий и режимов нагружения.

В то же время уже накоплен весьма обширный фактический материал по определению физико-механических свойств образцов горных пород [1, 2], а в связи с существующими экономическими трудностями геологи не всегда имеют возможность произвести отбор проб или образцов для проведения испыта-

ний или осуществляют такой отбор в самом минимальном количестве. В этой связи, можно использовать известные обобщения основных прочностных параметров для различных горных пород, преимущественно осадочных, которые наиболее подвержены влиянию гидрогеологического фактора, в частности размоканию. Применение усредненных параметров для расчетов и проведения математического моделирования вполне оправдано, так как разброс данных при проведении испытаний на прочность часто достигает значений 30% и более, а влияние трещиноватости или вообще не учитывается, поскольку образцы раскалываются по трещинам при их отборе, или учитывается опосредовано снижением прочности прослоя или коэффициентом анизотропии.

Такой подход обладает даже некоторыми преимуществами, в частности, он позволяет произвести расчеты, учитывая коэффициент вариации, с заведомо худшими условиями по максимальным или минимальным значениям параметров, при этом, не надеясь на высокую представительность отобранных проб, в особенности в сложных горно-геологических условиях. Кроме того, нагружение математической модели производится вплоть до хрупкого разрушения элементов, фактически до начала зарождения трещин и этим уже учитывается трещиноватость. Более полно трещиноватость учитывается введением коэффициентов структурного ослабления, при этом установлено, что трещины, наклоненные под углом 30-50 градусов к направлению действия нагрузки, в наибольшей степени снижают прочность [3]. Второй путь учета трещиноватости - заложение в модель параметров остаточной прочности, определенной в режиме запредельного деформирования на жестких испытательных системах [4]. Затем, для большей достоверности результатов расчетов можно произвести привязку к конкретным горно-геологическим условиям на основе испытаний минимального количества проб.

Для интенсификации исследований разработаны две симметричные универсальные расчетные схемы слоистой структуры, которые разбиты на 176 и 204 (два варианта) треугольных элемента, и одна универсальная расчетная схема на 842 элемента с асимметричным сгущением сетки в местах предполагаемых высоких уровней напряжений и деформаций. Модели представляют собой многослойный массив, в котором расположены полости. Массив, целики и полости имеют различную плотность разбивки со сгущением сетки элементов в местах ожидаемых высоких градиентов напряжений, что позволяет решать достаточно широкий круг геомеханических задач по оценке устойчивости сближенных и сопряженных выработок, камер, рудного двора, исследовать различного вида целики. Возможность изменения любого линейного размера в расчетной схеме позволяет учесть влияние конфигурации полости, технологии отработки, сближенных и сопрягающихся выработок. Участки модели с минимальной разбивкой элементов позволяют имитировать увлажненные зоны, карсты, пустоты, тектонику и ранее отработанные участки массива. Естественное поле напряжений учитывается путем перерасчета нагрузки в заданные узловые силы. Нагрузка может быть приложена сразу полностью или в несколько шагов для наблюдения процессов деформирования и разрушения во времени. Время можно учесть эмпириоаналитически по реальной степени разрушения объектов. Креп-

ление учитывается силами, равными отпору крепи. В алгоритм решения заложена деформационная упруго-пластическая модель среды и среда с разупрочнением как представляющая наибольший интерес для практического решения горных задач с учетом гидрогеологических особенностей. Для описания этих моделей достаточно обычного набора механических характеристик, полученных при инженерно-геологических исследованиях.

При разработке расчетной схемы выдерживается геометрическое и физическое подобие к реальному горнотехническому сооружению. Геометрическое подобие определяется выбранным масштабом моделирования. Для каждого элемента задаются реальные физико-механические свойства с учетом их водопроницаемости и размокаемости по данным инженерно-геологического опробования. Крепление учитывается силами, равными отпору крепи, технология отработки - последовательностью технологических операций, скоростью их изменения, при этом скорость протекания технологических процессов можно учесть по принципу обратной связи на основе визуальных наблюдений или экспериментальных измерений - величиной или стадией разрушения.

На основе метода аналогии, инженерного опыта эксплуатации подобных геомеханических объектов в аналогичных горно-геологических условиях часто заранее известен характер деформирования породного массива, а расчетные методы позволяют уточнить количественную их величину, провести исследования в зависимости от изменения тех или иных параметров. Однако бывают случаи, когда задача ставится первично, когда возможны многовариантные последствия принятых решений, а ввиду необычности конфигурации трудно подобрать удобную универсальную схему (или создать новую). В таких случаях рациональна равномерная разбивка простого прямоугольника. Частный случай – это квадрат, однако он подойдет только для равновеликих объектов. Поэтому предложена и разработана программа для автоматизированной равномерной разбивки на треугольные элементы с возможностью изменения количества и формы элементов в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Следует еще раз отметить, что наиболее важным и трудоемким этапом для решения геомеханической задачи любого уровня является собственно разработка расчётной схемы и установление граничных условий, как можно наиболее близко отражающих соответствующие реальные условия. Под граничными условиями, в данном случае, следует понимать весь комплекс задаваемых воздействий и трансформаций выделенного фрагмента исследуемого массива горных пород, которые нарушают его исходное равновесное состояние. Задание граничных условий можно разделить на активную и пассивную составляющие процесса моделирования. К активным граничным условиям следует отнести силовые воздействия, ранее известные или предполагаемые. Чаще всего, для решения геомеханических задач, рассматривающих поверхностный слой земной коры, задают равномерно распределённую, плавно возрастающую (убывающую) или точно-направленную нагрузки. Осуществление нагружения расчётной схемы выполняется пересчётом заданной нагрузки в узловые силы. Используют метод суперпозиции по отношению к узлам расчётной схемы.

Точечная нагрузка может быть задана в любом направлении и расчленяется

на составляющие по осям координат. Этот принцип позволяет включить в исходные данные широкий спектр известных измеренных, либо точно вычисленных сил. Примером прикладных инженерных задач, использующих данные такого типа, являются исследования отпора крепей, распорных конструкций, нагрузок на фундаменты и другие.

К пассивным граничным условиям относятся заданные узловые смещения, нулевые силы и перемещения, изменённые физико-механические свойства участков расчётной схемы.

Последовательность ввода данных заключается в следующем. Программный модуль вычисления напряжённо-деформированного состояния автоматически вычисляет вес зарегистрированных в блоке ввода данных элементов по заданному объёмному весу каждого элемента и его единичному объёму и добавляет нагрузку в узлах расчётной схемы, а для постановки задачи и ее решения достаточно постановки только граничных условий. Задаются геометрические параметры исследуемой области, подземных сооружений и коммуникаций, внешние и активные внутренние нагрузки, известные перемещения и деформации. В результате расчётов система приходит в равновесие, и можно, с достаточной для расчётов точностью, определить напряжённо-деформированное состояние внутри заданной системы. Путём последовательного решения задач прогнозируется формирование зон неупругих деформаций и разрушения при изменении горнотехнических ситуаций.

Автором реализован комплекс автоматизированного ввода и обработки информации в системе Excel на языке Visual Basic. Комплекс содержит модуль исходных данных, модуль расчёта напряжённо-деформированного состояния, модуль графического построения расчётных схем и модуль обработки результатов расчётов. Структурная схема расчётного комплекса показана на рисунке.

Оператором заполняются диалоговое окно параметров расчётной схемы: ширина, шаг сетки по ширине; высота, шаг сетки по высоте; физико-механические свойства горных пород или другого материала; число шагов нагружения; глубина разработки; предельное число итераций при пластическом деформировании. Внесение данных в активные ячейки инициирует поле данных «Проба 1».

С увеличением глубины разработки месторождений полезных ископаемых резко ухудшаются горно-геологические и горнотехнические условия, которые обуславливают повышение многообразия форм проявления горного давления. Считается, что в перспективе основными способами добычи будут буровзрывная выемка на базе самоходного оборудования и технология без присутствия людей в забое с применением высокопроизводительных машин с дистанционным управлением, поэтому неотъемлемой частью технологии станет контроль геомеханической обстановки. Проведение горных выработок любого сечения, шпуров и скважин связано с образованием вокруг них различных зон опорного давления, трещиноватости, повышенной газоносности или увлажнения. Учитывая многообразие горно-геологических условий и горнотехнических задач контроля механических свойств, состояния и устойчивости породного массива,

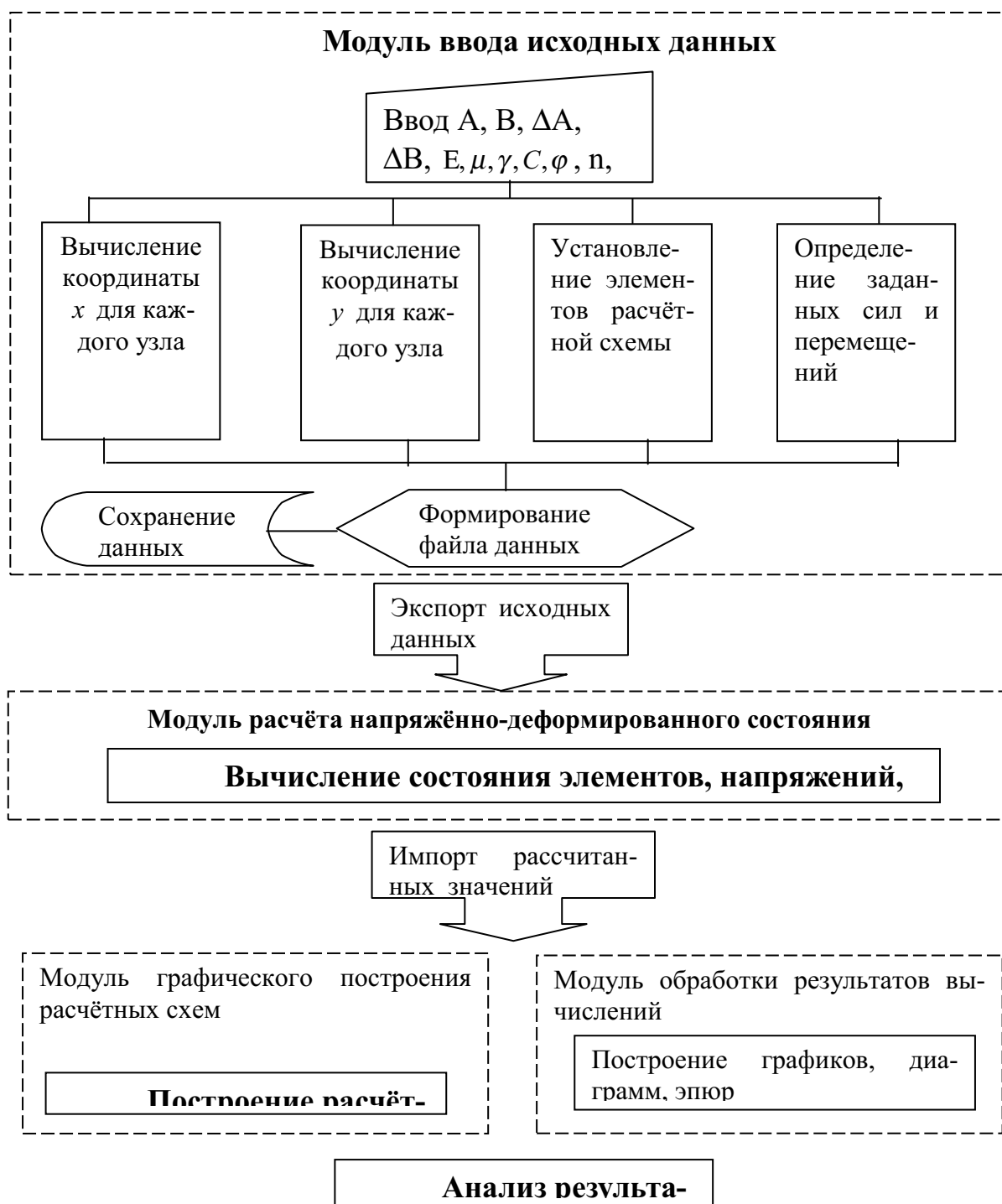


Рис.1 - Блок-схема алгоритма расчетного комплекса

контроль горных объектов чрезвычайно сложный и трудоемкий процесс, он требует статистической оценки результатов измерений и комплексного учета особенностей процессов самоорганизации породного массива. Немаловажную роль в распределении свойств и состояния пород в массиве играют технологические особенности проведения выработок, а именно: способы и средства проходки, вид и тип крепи, цикличность и повторяемость ее элементов, условия и средства забутовки закрепного пространства.

Среди методов шахтного геоконтроля наиболее экономичными и информа-

тивными являются геофизические, которые выделились в отдельное направление - методы горной геофизики. Их можно разделить на две основные группы: методы и средства диагностики породного массива, позволяющие вести дискретные измерения, и методы контроля, предназначенные для непрерывных наблюдений [5,6]. Гидрогеологические процессы - быстроизменяющиеся, обладают определенной внезапностью и, в то же время, трудно поддающиеся локальному контролю, поэтому предпочтение следует отдавать расчетным методам прогноза водопритоков с уточнением характера последствий на основе методов оперативного геофизического экспресс-контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирничанский Г.Т. Исследование и разработка методов определения свойств горных пород и математического моделирования как основ прогнозирования устойчивости выработок: Дис...канд.техн.наук: 01.02.07.- Днепропетровск, 1979.- 204 с.
2. Овчаренко Б.П. Механизм трещинообразования в кровле угольных пластов.- Л.: Изд-во Ленинградского у-та, 1983.-172 с.
3. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления.-М.: Недра, 1982.- 189 с.
4. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 1987.-221 с.
5. Электрометрический контроль пространственно-временной изменчивости литосферы вблизи геомеханических объектов / Т.А. Паламарчук, В.А. Земба, В.Н. Сергиенко, Е.А. Слащева. Сб. науч. тр. НГАУ. - Днепропетровск: НГАУ.-1998.-№3.-Т. 5.-С.168-171.
6. Руководство по геофизической диагностике состояния системы "крепь - породный массив" вертикальных стволов: Дополнение к "Пособию по восстановлению крепи и армировки вертикальных стволов. РД 12.18.073-88" / Булат А.Ф., Усаченко Б.М., Яланский А.А. и др.: Донецк: ООО "Лебедь", 1999. - 42 с.

УДК 622.016.25: 533.072

З.Р. Маланчук

МЕТОД РАСЧЕТА ПОТОЛОЧНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ КАМЕР И МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Наведено результати випробувань параметрів виймальних камер на розсипних родовищах під дією скважинної гідротехнології

DETERMINATIONS OF FULLNESS AND QUALITIES EXTRACTION USEFUL COMPONENT BY LA DEPOSIT METHOD ROCK-HOLE HYDROTECHNOLOGY

There're given brought results of studies on the determination of parameters of gaining cameras which lie in loosing deposits under rock-hole hydrotechnology

Спецификой метода скважинной гидротехнологии добычи полезных ископаемых россыпных месторождений является использование в качестве рабочего агента воды, способной переводить полезное ископаемое на месте залегания в подвижное состояние.

Таким образом, оставляемый после выемки полезного ископаемого массив, подверженный искусственному обводнению, становится нестабильным. Отсюда правильно построенная схема расчета механического поведения кровли выемочных камер должна учитывать как временной фактор, так и измененные условия заделки подземных конструкций – потолочины и целика. Первое условие