

*студенты А.С. Неешало, Ю.В. Басенко,  
д. ф.-м. н., с.н.с., А.В. Чернай  
ГВУЗ «Национальный горный университет»*

## **ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНИКИ И ИХ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ**

*Приведен способ решения нестационарных задач геомеханики с применением методов крупных частиц и прогонки. Реализация способов осуществляется в среде разработки Visual Studio 2008.*

Повышение производительности и безопасности работ в горной промышленности в определяющей степени зависит от получения новых научных решений как стационарной (статической), так и нестационарной геомеханики. Статические методы в настоящее время достаточно хорошо развиты, широко используются в производстве. Чего не скажешь о динамических задачах и методах их решения. Особенно это касается задач, связанных с ударно-волновыми процессами. К таким процессам относятся процессы разрушения горных пород взрывом взрывчатых веществ (ВВ), взрыв пыле-метано-воздушных сред, внезапный выброс угля и газа.

Используемые в настоящее время физико-математические модели существенно идеализируют реальные задачи для того, чтобы можно было применить существующие аналитические решения путем внесения в них поправок, другой подход к решению тех же задач сводится к упрощению исходных уравнений газовой динамики путем введения, усредненных (интегральных) физических величин. Погрешности расчетов иногда превышают значения искомой величины, поэтому получаемые результаты носят рекомендательный характер.

Для корректного расчета ударноволновых процессов необходима разработка принципиально новых методик. Метод должен быть экономичным с точки зрения объема вычислительных операций и удобным для программной реализации.

Требованиям, которые сформулированы выше, наиболее близко соответствует метод Давыдова Ю.М. , или метод крупных частиц (МКЧ) [1].

Особенностью и основной сущностью метода является то, что он построен на физических принципах, а не на стандартном математическом подходе, сводящемся к формальной замене производных конечными разностями с последующими исследованиями получаемых численных схем на предмет сходимости и устойчивости решений.

Основными достоинствами метода являются его экономичность и простота реализации, что достигается за счет использования явных разностных схем, не требующих выделения особенностей 1-го и 2-го рода и введения искусственной вязкости.

Другой задачей нестационарной геомеханики, например, является задача зарождения и развития газодинамического процесса выброса угля и газа (внезапного выброса). Эта задача существенно отличается от рассмотренной выше, но есть и объединяющая часть – это газодинамическое течение газугольной смеси. Поэтому для этой части задачи вычислительные и программные проблемы остаются общими.

Различие в задачах обусловлено тем, что зарождение процесса внезапного выброса описывается уравнением фильтрации газа в угольном массиве при образовании свободной поверхности угля в процессе его добычи, или при проведении проходческих работ с применением энергии взрыва ВВ.

Фильтрационное уравнение в теории дифференциальных уравнений относят к уравнениям параболического типа, в то время как уравнения газовой динамики – это уравнения гиперболического типа. Естественно, что методы решения этих уравнений совершенно разные и поэтому ни о каком сквозном счёте не может быть и речи.

В нашей работе для решения уравнения фильтрации применяется классическая неявная разностная схема второго порядка точности по координате и времени [2]. Для решения алгебраической системы

трехточечных уравнений используется модифицированный метод прогонки. Необходимость учитывать разрыв сплошности вещества ведут к тому, что основные трудности вычислений переносятся на программный блок. Другими словами, слежение за возникновением разрывов можно реализовать только методами программирования, что существенно усложняет алгоритм вычислений.

Другая сложность в нашей задаче – это необходимость «сшивки» решения газодинамической задачи и решения уравнения фильтрации. Всё это усложняет алгоритм вычислений, и, следовательно, требуются значительные затраты по времени на его программную реализацию.

Известно множество языков программирования позволяющих реализовать рассматриваемые нами задачи.

Для работы программы в Turbo Pascal память выделяется сегментами по 64 Кбайт каждый. Ни одна переменная программы не может располагаться более чем в одном сегменте (не более чем 65536 байт). Поэтому приходится разбивать программу на модули, которые, хоть и загружаются динамически, все же увеличивают время обработки данных. Для того чтобы компенсировать эту временную задержку приходится увеличивать размер шага разбивки координат ( $z$ ,  $r$ ), что ведет к увеличению погрешности расчета.

В Visual Studio 2008 увеличен размер памяти, которую можно использовать под массив, что позволяет принимать координатные сетки с малыми ячейками для увеличения точности расчетов.

Существует возможность подключить компонент MSCharts, позволяющий упростить вывод кривой графика на экран.

#### **Перечень литературы:**

1. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. – М.:Наука, 1982. – 391с.
2. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные схемы газовой динамики. М.:Наука, 1975. – 352с.