

**Численные решения задач инженерной геокриологии. Компьютерная программа QFrost.**

*Песоцкий Д.Г.<sup>1</sup>, Торгонский М.С.<sup>2</sup>*

*1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, 2 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия  
E-mail: denis@kde.ru*

В инженерной геокриологии постоянно встречаются задачи, решение которых затруднено или невозможно при использовании аналитических методов, точных и приближённых. Такие задачи, как правило, могут быть решены численно. Для этого целесообразно использование метода конечных разностей в различных его вариациях.

Его суть заключается в замене дифференциальных коэффициентов уравнения на разностные коэффициенты. При этом расчётную область дискретизируют во времени и пространстве.

При решении задач инженерной геокриологии, связанных с кондуктивным теплообменом с наличием фазовых переходов, давно используется и хорошо себя зарекомендовала двухслойная явная схема с применением метода балансов, с энтальпийной формулировкой задачи и с использованием относительного объёма талой фазы при интерпретации результатов.

Этот метод применён в алгоритме, реализованном в программе HEAT [2], разработанной на кафедре геокриологии МГУ, которая уже не первое десятилетие успешно используется как на кафедре, так и за её пределами для решений некоторых двумерных и одномерных задач инженерной геокриологии.

Несмотря на свои неоспоримые достоинства, программа HEAT обладает рядом недостатков. Во-первых, она не предназначена для задания граничных условий, отличных от горизонтальных или вертикальных. Во-вторых, скорость расчёта в ней очень низка по современным меркам, что связано с использованными в ней инструментами разработки и мерами, которые пришлось применить из-за ограничений ЭВМ времени её создания. Третьим недостатком является интерфейс, далёкий от современных стандартов, что также связано с её почтенным возрастом.

Нашей целью было написание программы, лишённой этих недостатков. Она получила название QFrost. Нами использованы те же расчётные алгоритмы, но для реализации задачи использовались современные инструменты, а также были пересмотрены некоторые подходы. Появилась прямая поддержка граничных условий любой формы (например, наклонных или эллиптических). Скорость расчёта нашей программы на несколько порядков выше по сравнению с HEAT. А благодаря интерфейсу, построенному с использованием последних достижений информационных технологий и с учётом потребностей пользователей, задание модели стало гораздо легче и быстрее.

Будут продемонстрированы возможности нашей программы на примере реальной задачи. Также будут показаны результаты верификации для различных задач, имеющих аналитическое решение. Одной из таких задач является осесимметричная задача о нахождении температурного поля в кольце при постоянных температурах на его границах (без фазового перехода) [1].

### **Литература**

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. — 600 с.
2. Основы геокриологии. Ч. 5. Инженерная геокриология / Под ред. Э. Д. Ершова. — М.; Изд-во МГУ, 1999. — 526 с.

### **Слова благодарности**

Хотелось бы выразить благодарность сотрудникам нашей кафедры, так или иначе повлиявшим на создание программы QFrost. В первую очередь это С. Н. Булдович, Г. П. Пустовойт и Л. Н. Хрусталёв. Отдельную благодарность хотелось бы выразить Л. В. Емельяновой за мотивацию к созданию программы.