

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ

ИСАЕВА Г.С., ШАМБЕТОВ З.С.
E-mail: gulmira_isaeva05@mail.ru

Излагается создание программы для решения задач фильтрации на основе метода конечных элементов, рассказывается об интерфейсе программного продукта, объясняется, каким образом пользователь может решить конкретную задачу и получить требуемый результат с помощью данной программы. Программа написана на алгоритмическом языке Object Pascal в среде программирования Delphi.

Процесс фильтрации воды в грунтовых массивах является определяющим для физико – механических свойств грунта, следовательно, для сооружений, воздвигнутых на грунтовой основе. К физико–механическим свойствам грунта относятся упругие свойства грунта и свойства, связанные с его пластичностью.

К настоящему моменту разработаны различные модели упругопластического поведения грунтового материала, и параметры этих моделей очень сильно зависят от содержания в грунте воды. Поскольку грунт является пористой средой, в нем идут процессы фильтрации воды, ответственные за водонасыщенность материала. Процессы фильтрации развиваются во времени, они в своей основе нестационарные, подвержены температурным изменениям и т.д.

В работе [1] построен численный алгоритм решения уравнения фильтрации для двумерного нестационарного случая методом конечных элементов, с линейной аппроксимацией искомой величины на каждом элементе. На основе этого алгоритма создана компьютерная программа в среде разработки “Delphi” [2-4].

Программная реализация

Для функционирования всякой программы необходимы исходные данные. Вслед за получением необходимых исходных данных программа выполняет расчет и получает некоторые результаты, которые необходимо обработать соответствующим образом. Таким образом, программа расчета должна состоять из трех составных частей:

- обработка исходных данных и подготовка их для проведения расчета;
- собственно расчет, заключающийся в составлении системы уравнений, её решении и получении необходимых выходных данных;
- получение результатов в виде таблиц, отчетов, графиков, рисунков и т.д.

Каждая вышеуказанная часть программы при ее составлении подразделяется на более мелкие логически согласованные участки. Возможности среды программирования Delphi-7 позволяют писать программы с очень хорошим интерфейсом и широкими возможностями для пользователя. Object Pascal дает возможность использовать арифметику с высокой точностью, вплоть до 10^{-20} . Подобная точность необходима для точного решения больших систем линейных уравнений, которые возникают при решении задач фильтрации.

Неотъемлемой частью программы является ввод начальных данных для проведения расчета.

К ним в нашем случае относятся:

- задание геометрии расчетной области;
- задание граничных значений расчетной области;
- задание свойств и параметров среды;
- задание расчетных характеристик (контрольного времени, точности счета и т.д.).

Задание геометрии расчетной области происходит с сеточным представлением этой области.

Разбиение расчетной области на треугольные элементы происходит автоматически [5].

На рисунке 1 показано окно программы, предназначенное для введения исходных геометрических данных. Это же окно показывает треугольную сетку элементов, на которую разбивается расчетная область.

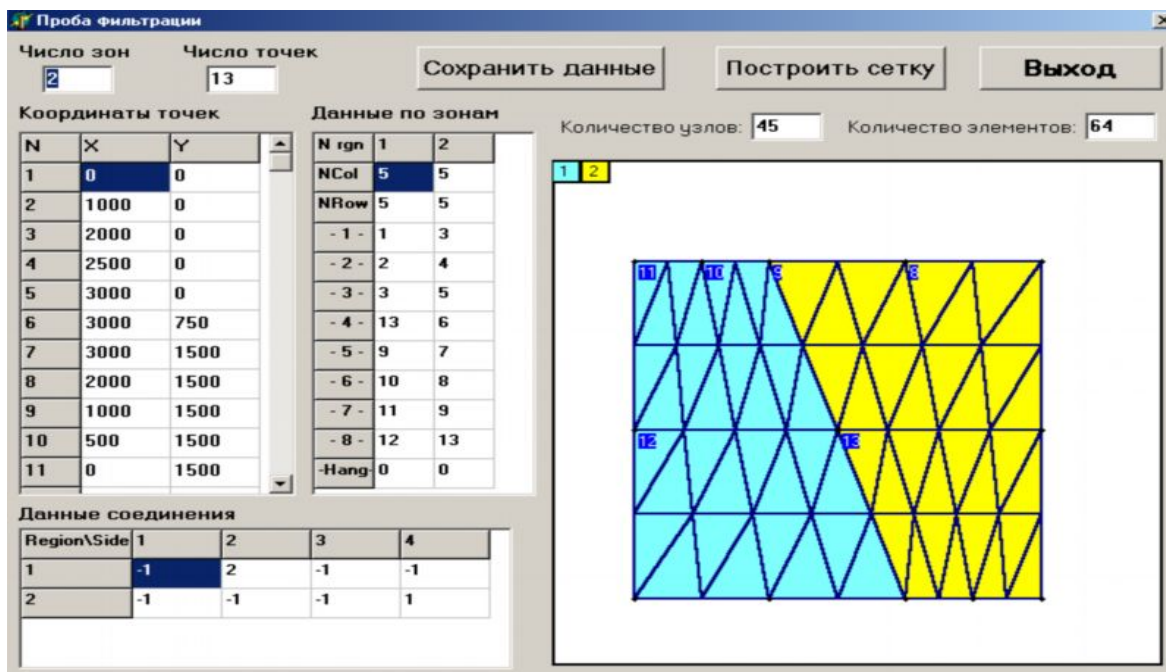


Рис. 1. Окно программы, предназначенное для внесения геометрических данных и разбиения расчетной области на элементы

С помощью данного окна пользователь может контролировать геометрию как расчетной области, так и наблюдать свои действия по построению сетки треугольных элементов.

Согласно [6] автоматическое разбиение расчетной области на треугольную сетку производится после предварительного деления области на четырехугольные или треугольные зоны. Процедура предварительного разбиения на зоны проводится согласно желанию исследователя, при этом все предварительные узлы или точки находятся по границам этих зон. После указания зон и предварительных точек происходит автоматическая разбивка всей расчетной области на треугольные элементы. В процессе разбиения массиву треугольников даются порядковые номера и создается коллекция узлов, представляющих вершины треугольных элементов. В полях, предназначенных для этого, будут показаны количество созданных элементов и количество всех узлов расчетной области. При необходимости пользователь имеет возможность изменить количество и форму элементов путем вариации координат предварительных узлов и изменения количества столбцов и колонн для каждой зоны. Необходимо отметить, что число столбцов и колонн для смежных зон должно быть согласовано, поскольку от этого зависит количество точек на границах зон и их расположение.

После формирования геометрических характеристик расчетной области необходимо задание некоторых условий на его границах. Для этого служит специальное окно, предназначенное для задания граничных условий. Ниже на рисунке 2 показано это окно.

Кодом для отсутствия граничных условий является цифра 0, для задания самого значения искомой величины напора применяется код 5, и для значения потока жидкости – код 3. Кроме этих кодов при применении программы для решения различных задач могут возникать и другие граничные условия, поэтому для этого случая предусмотрительно оставлены резервные целые числа между уже имеющимися значениями.

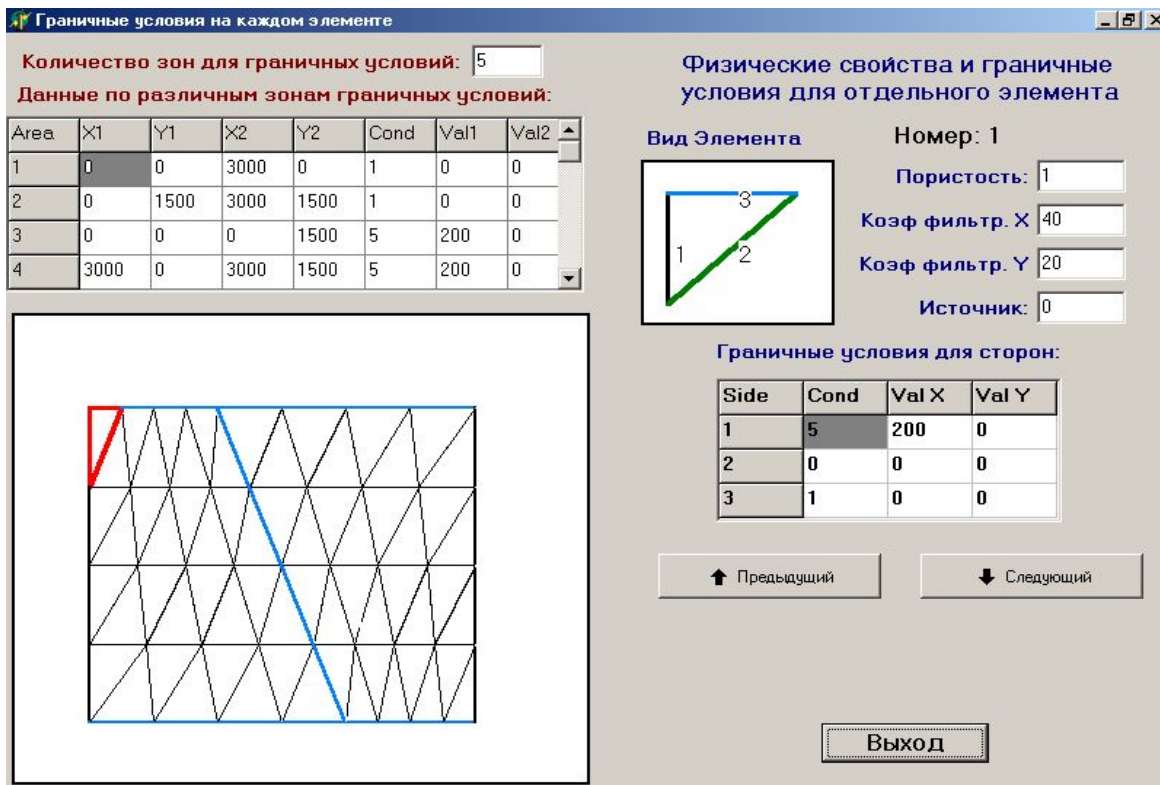


Рис. 2. Окно программы, предназначенное для внесения граничных условий

Следующим важным шагом во внесении начальных и исходных данных является внесение в программу расчетных параметров. К ним относятся: величина интервала времени, если он не изменяется в процессе счета, или начальный интервал времени, если интервал является переменной величиной. Это предельное время счета, предназначенное для завершения расчетов, также, в случае итеративных процедур, значения точности вычислений и самих предельных значений количества итераций. От расчетных параметров в большой степени зависит точность расчета и его сходимости. Иногда эти параметры могут быть неизвестны исследователю до начала расчета и выясняются только в процессе счета, поэтому иногда приходится проводить предварительные расчеты с целью выявить или установить корректные расчетные параметры расчета.

Для параметров расчета нет своего окна редактирования, однако имеется специальный текстовый файл определенного формата, который создается заранее перед проведением расчетов. В этот файл как раз и вносятся необходимые данные параметров расчета.

Тестирование программы

Первый пример для тестирования программы связан с так называемой задачей фильтрации в плане. Это так называемое уравнение Дюпюи, когда пренебрегают искажением линий напора в вертикальном сечении и полагают, что скорость фильтрации в некотором сечении полностью зависит от наклона кривой депрессии. Подобный подход имеет право на существование при малых скоростях фильтрации и незначительных градиентах кривой депрессии. Такая постановка задачи имеет множество приложений. Это проблемы дренажа, орошения, речного стока и т.п.

Для тестирования программы был выбран пример расчета фильтрации из книги [6]. Все начальные и исходные параметры были такими же, как и в [6].

Рисунок 5 демонстрирует изолинии равного напора на некоторой расчетной области. Надо отметить, что расчет производится в плане, т.е. свойства зависят только от двух координат x, y . Предполагается, что линии тока перпендикулярны оси z .

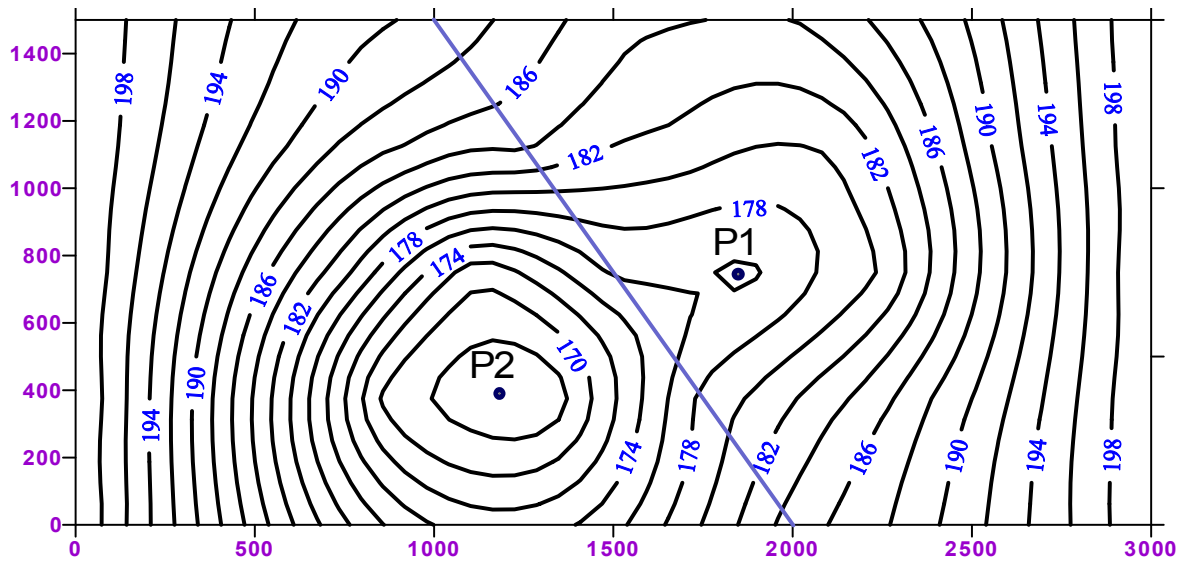


Рис. 5. Изолинии равного напора

Косая линия, проходящая в центре расчетной области, представляет собой реку с постоянным источником воды вдоль своей линии $q=432.67 \text{ м}^3/\text{сут}$. Кроме того, имелись два источника P_1, P_2 с отрицательными значениями, что означает откачку воды насосами. Мощности насосов были соответственно: $P_1 = 1200 \text{ м}^3/\text{сут}$, $P_2 = 2400 \text{ м}^3/\text{сут}$. Левая и правая границы имели постоянное значение напора $H=200$. Верхняя и нижняя границы были непроницаемы. Коэффициенты фильтрации были следующими: $K_x=40 \text{ м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м}^2)$, $K_y=20 \text{ м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м}^2)$.

Сравнение полученных результатов с данными [6] показало хорошее согласие. Отличие в задании источниковых членов, конечно, сказалось на полученном результате. В настоящем расчете полагалось, что источниковый член размазан по всему элементу, т.е. весь рассматриваемый элемент, в который входит указанная точка с источником, является источником с некоторой плотностью, равной такому значению, чтобы интеграл по всему элементу был равен значению источникового члена. В работе [6] источниковый член распределен по близлежащим узлам соответственно расстоянию от места расположения источника до вершин треугольного элемента, в котором расположен источник.

Выводы

1. Создана компьютерная программа расчета фильтрации в двумерной постановке, с интерфейсом для выполнения основных этапов численного эксперимента:

- внесение исходных данных;
- выполнение расчета;
- вывод полученных результатов на экран и сохранение в файловом формате.

2. Проведены тестовые расчеты плановой задачи фильтрации. Сравнение результатов теста с источником показало хорошее согласие.

Литература

1. Isaeva G.S. Modeling of filtration processes in soil dam. Varia Informatica 2009. Lublin, 2009. P. 95-110.
2. Хомоненко А., Гофман В., Мещеряков Е., Никифоров В. Delphi 7. Наиболее полное руководство. BHV – СПб., 2006. -1216 с.
3. Осипов Д. Графика в проектах Delphi. СПб, 2008. -648 с.
4. Культин Н.Б. Основы программирования в Delphi 7. BHV, 2009. - 640 с.
5. Исаева Г.С., Чунуев И.К., Шамбетов З.С. Программа расчета напряженно-деформированного состояния массива горных пород на основе метода конечных элементов// Наука и новые технологии. № 2. – Бишкек: Кыргызпатент, -2005, С. 82-91.
6. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. -392 с.