РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОДНО- И МНОГОСЛОЙНЫХ ПОРИСТЫХ СРЕДАХ.

Юлдашов Шавкат Нуриддин угли.

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, самостоятельный исследователь

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка программного комплекса для решения задач фильтрации подземных вод в одно- и многослойных пористых средах. Комплекс обеспечивает моделирование процессов напорной и безнапорной фильтрации на основе математических моделей и численных методов. Реализованная система позволяет прогнозировать движение подземных вод, анализировать изменения напоров и визуализировать результаты в графическом виде. Программный комплекс ориентирован на исследование динамики фильтрации в многослойных пористых средах и включает модули для ввода данных, вычислений и визуализации.

Ключевые слова: фильтрация подземных вод, программный комплекс, многослойная пористая среда, численные методы, моделирование.

Abstract. This article discusses the development of a software package for solving groundwater filtration problems in single- and multilayer porous media. The package models the processes of confined and unconfined filtration based on mathematical models and numerical methods. The implemented system enables groundwater movement prediction, pressure change analysis, and result visualization in a graphical format. The software package is designed to study filtration dynamics in multilayer porous media and includes modules for data input, computation, and visualization.

Keywords: groundwater filtration, software package, multilayer porous media, numerical methods, modeling.

Annotatsiya. Ushbu maqolada bir va ko'p qatlamli g'ovak muhitlarda yer osti suvlari filtratsiyasi masalalarini hal qilish uchun dasturiy majmua ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqilgan. Majmua matematik modellar va sonli usullarga asoslangan holda naporli va naporsiz filtratsiya jarayonlarini modellashtirishni ta'minlaydi. Yaratilgan tizim yer osti suvlari harakatini bashorat qilish, bosim o'zgarishlarini tahlil qilish va natijalarni grafik shaklda vizuallashtirish imkoniyatini beradi. Dasturiy majmua ko'p qatlamli g'ovak muhitlarda filtratsiya dinamikasini o'rganishga mo'ljallangan bo'lib, ma'lumotlar kiritish, hisoblash va vizualizatsiya modullarini o'z ichiga oladi.

ISSN 3030-3907

Kalit so'zlar: yer osti suvlari filtratsiyasi, dasturiy majmua, ko'p qatlamli g'ovak muhit, sonli usullar, modellashtirish.

Введение

Одним из эффективных средств решения краевых задач процесса неустановившейся фильтрации напорной и безнапорной воды в подземных слоях является создание программного комплекса, направленного на решение задач этого класса на современном компьютере. Такой программный комплекс позволяет ускорить процессы прогнозирования, анализа и проектирования движения напорных и безнапорных вод в пластах, а также процесс фильтрации. При этом программный комплекс состоит из несколько совокупности программных модулей, предоставляющих собой совокупность алгоритмов, реализующих различные численные методы решения отдельных классов задач, выбор и подготовка начальных данных необходимых при решении конкретной задачи с учетом ее специфики и гарантирующей качества полученного решения, обеспечивающих удобства связи пользователя с системой, записи численных результатов в файл и накопление, обработка численные результаты работы программ в виде представления графике а также их визуализации и др.

В программного комплеса применнение устойчивых вычислительных схем, универсальных алгоритмов и ее программных модулей позвольяющие решить задачи описывающий процесс существенно повышает достоверность полученных численных результатов фильтрации подземных вод.

При разработке программный комплекс, особенно в случаях, когда предполагается, что они будут предназначены для массового использования и необходимо учитывать следующее: скорость вычислений (при работе больших программ); оптимальное использование имеющейся в наличии памяти; удобную для пользования организацию ввода исходных данных и вывода результатов программного комплекса; универсальность программного комплекса; возможность повторного пуска программного комплекса; Диагностику сообщений в ходе решения конкретных задач и диалоговый режим экспериментатора.

Данный разработанный программный комплекс для исследования движение подземных вод в пористой среде реализован путем решения краевой задачи, построенной на математической модели определения показателей повышения и понижения напора воды в слоях подземных вод в процессе фильтрации и визуализации численные результаты решение задач к также выполнения вычислительные эксперименты.

ISSN 3030-3907

Функциональная схема разработанного программного комплекса представлена на рисунке 4.1. Показана взаимосвязь между модулями для решения задач напорной и безнапорной фильтрации подземных вод. Для начала расчета необходимо выбрать тип задачи, входящей в блок, для выбора следующих задач:

- Задачи напорной фильтрации воды в однослойной среде в двухмерной постановке;
- Задачи напорной фильтрации воды в двухслойных пористых средах со слабопроницаемой перемычкой в двухмерной постановке;
- Задачи напорной и безнапорной фильтрации воды в трехслойных пористых средах со слабопроницаемой перемычкой в одномерной постановке;

Блок задачи взаимодействует с блоком модулей формирования исходных данных. Блок модулей первичной генерации данных включает в себя следующие модули генерации:

- модуль организации параметров водоносного пласта;
- модуль организации информационного массива для настройки дискретного поля фильтрации;
- модуль организации информационного массива коэффициента проводимости пласта;
- модуль обеспечения координат скважин и расхода.

После этого в схеме начинает работать вычислительный блок, он выполняет вычислительные функции и реализует вычислительный опыт на основе входных данных и выбранного типа задач.

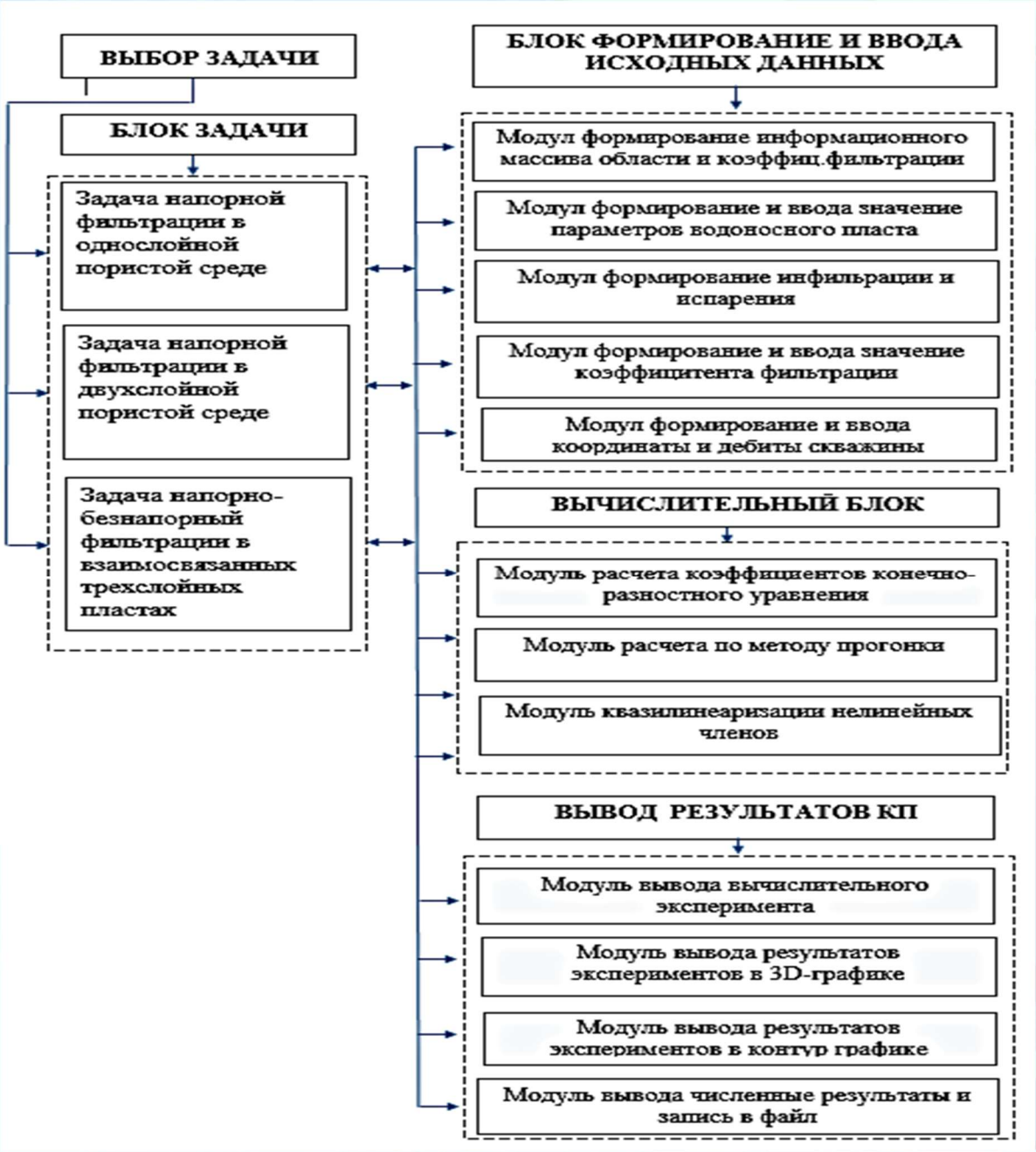
В состав вычислительного блока входят следующие модули:

- модуль расчета коэффициентов конечно-разностного уравнения;
- модуль реализации метода прогонки;
- реализация квазилинейного метода;

Блок вычислений взаимодействует с блоком вывода и хранения результатов, включающим в себя модули:

- модуль извлечения результатов эксперимента по разделам;
- модуль вывода результатов экспериментов в 3D графическом виде;
- модуль вывода результатов экспериментов в контурно-графическом виде;
- модуль вывода графиков изменения давления в скважинах.

ISSN 3030-3907



Разработанный программный комплекс основан на решении краевых задач для дифференциальных уравнений параболического типа в одном и двух переменных, предназначен для решения задачи неустановившаяся фильтрации напорных и безнапорных вод в многослойных средах при наличии слабопроницаемой перемычки численным методом и представления полученных результатов в наглядном графическом виде. Он имеет основной и вспомогательный интерфейс, который обеспечивает простую связь между пользователем и компьютером.

Одним из основных требований к автоматизированным прикладным системам является использование режима работы «человек-машина» при решении задач. В последнее время при разработке многих прикладных

ISSN 3030-3907

систем внимание уделяется режиму человеко-машинного общения. Такой режим работы повышает эффективность работы оператора (пользователя) вычислительного опыта и организует данные в виде таблиц, графиков и анимированных объектов на основе связи с целью облегчения анализа полученных результатов.

Известно, что при численного решения конкретной гидродинамической или пластовой задачи используется конкретная физико-математическая модель, требуется исходные данные задачи, в том числе сведения об их достоверности. Численные методы, реализуемые на ЭВМ, должны быть экономичными, иметь минимальное количество арифметических операций, быть универсальными, то есть подходящими для широкого класса практических задач, решаемых на ЭВМ.

Чтобы эффективно использовать компьютер для решения задачи неустановившаяся фильтрации напорных и безнапорных вод, необходимо: получить математическое описание рассматриваемой физической задачи (выраженное конечными разностями, обыкновенными дифференциальными уравнениями или частные производные); получение их численного решения или выбор из существующих методов, оценка погрешности и устойчивости полученных уравнений; разработка программы, реализующей выбранный метод решения на конкретной машине и на универсальных современных алгоритмических языках (например, Delphi, Matlab, C++ и др.).

Перед реализации каждого программного обеспечение для решения конкретной задачи порядок подготовки информации осуществляется следующим образом. Сеточная область фильтрации дополняется до прямоугольники фиктивными узлами. Здесь готовится информационный массив сеточной области фильтрации. Процедура ввода должна ввести двумерный массив с идентификатором **IN**.

Далее процедура должна обеспечить ввод следующих простых переменных целого типа:

- **N** — число строк в сеточной области;
- **M** — число узлов в строке;
- **N1** — количество групп скважин;
- **N2** — количество участков сеточной области с одинаковой инфильтрацией;
- **PH** — признак однородности водоносного горизонта (1 или 0).

Простые переменные действительного типа должны содержать информацию:

- **HO** — характерное значение функции уровней грунтовых вод (напоров), мм;

ISSN 3030-3907

- **TO** — характерное значение коэффициентов фильтрации, м/сут. (коэффициентов водопроницаемости, м^2/сут;
- **VH** — коэффициент свободной (упругой) водоотдачи;
- **DP** — максимальная из размерностей сеточной области, мм;
- **DX** — шаг сеточной области, мм;
- **DT** — шаг по времени, с которым промежуточные результаты выдаются на печать, сут.;
- **EPS** — точность итерационного процесса;
- **TK** — конечное время расчета, сут.

Если расчеты ведутся для однородной области, значение коэффициента фильтрации (водопроницаемости) задается в **TO**, и признак неоднородности **PH** будет равным нулю. В этом случае обходится участок программы, обеспечивающий ввод значений коэффициентов фильтрации (водопроницаемости) в узлах сеточной области. Для неоднородных областей необходимо положить **PH ≠ 0**.

Если N1 или N2 равны нулю, то обходится участок программы, обеспечивающий ввод массивов Q или FI. Вся вводимая информация сохраняется в текстовом файле (VVOD.TXT) в следующей последовательности:

1) простые переменные целого типа N, M, N1, N2, PH;
2) простые переменные действительного типа *NO, TO, VH, DP, DX, DT, EPS, TK*;
3) массив *HN* значений уровней (напоров);
4) массив *TN* значений коэффициентов фильтрации (водопроводимости); готовится только для неоднородных областей;
5) информационный массив *INFOR*;
6) массив *Q*, содержащий дебиты скважин соответственно номерам групп; готовится при *N1 > 0*;
7) массив *FI* величин инфильтрации соответственно номерам участков; готовится при *N2 > 0*.

Рассмотрим пример, порядок подготовки исходной информации для сеточной области (рис. 4.2), аппроксимирующей круговой пласт. Пусть в центре области работает скважина с дебитом $Q = 500$м³/сут и в ней имеется восемь участков с различной величиной инфильтрации (римская цифра на рис. 4.3 означает принадлежность узла к участку с соответствующим номером). Величины инфильтрации соответственно номерам участков положим равными 0,0001 м³/сут; 0,0002; 0,0003; 0,0004; 0,0005; 0,0001 м³/сут.

ISSN 3030-3907

На рисунках 4.4, 4.5, 4.6 и 4.7 показан главный и вспомогательный интерфейс для решения конкретной задачи, входящих в программный комплекс **«Комплекс программ для решения задач фильтрации подземных вод одно- и многослойных пористых средах».** Рис.4.4 приводится главный интерфейс программного комплекса.

Имя файла главного пользовательского интерфейса:
f.fig и f.m.

Имя файла решение задача напорной фильтрации однослойной пористой среде: f1.fig и f1.m.

Имя файла пользовательского интерфейса решение задача напорной фильтрации двухслойной пористой среде со слабопроницаемой перемычки: f2.fig и f2.m.

Имя файла пользовательского интерфейса решение задача **напорно-без напорной** фильтрации взаимосвязанных трехслойных пластах:
f3.fig и f3.m.

Главный интерфейс состоит из следующего пункта:

- название программного комплекса ;
- задача напорной фильтрации однослойной пористой среде;
- задача напорной фильтрации в двухслойеной пористой среде со слабопроницаемой перемычки;
- задача **напорно-безнапорной** фильтрации взаимосвязанных трехслойных пластах;
- выход из системы.



Рис.4.4. Главный интерфейс “Комплекс программ для решения задач фильтрации подземных вод одно- и многослойных пористых средах”

ISSN 3030-3907

Рис.4.5 приводится интерфейс программного обеспечение решение задачи напорной фильтрации в однослойной пористой среде. Интерфейс программного обеспечение состоит из название программы, ввода исходных данных и их значение, а также запуск программы. Программа имеет зарание подготовки вводимых данных в файл Fail1.txt. При подготовки исходных данных открывается файл для обнавление и ввода данных. Результаты окнчательного численного расчета вычислительного эксперимента записывается в текстовый файл Fayl_R1.txt, а на экране отображается в графическом виде визуальном форме. Где отображается изменение напора в пласте в виде 3D графике, контур график распределение напора, график изменение напора в сечении пласта и падение напора на скважинах.

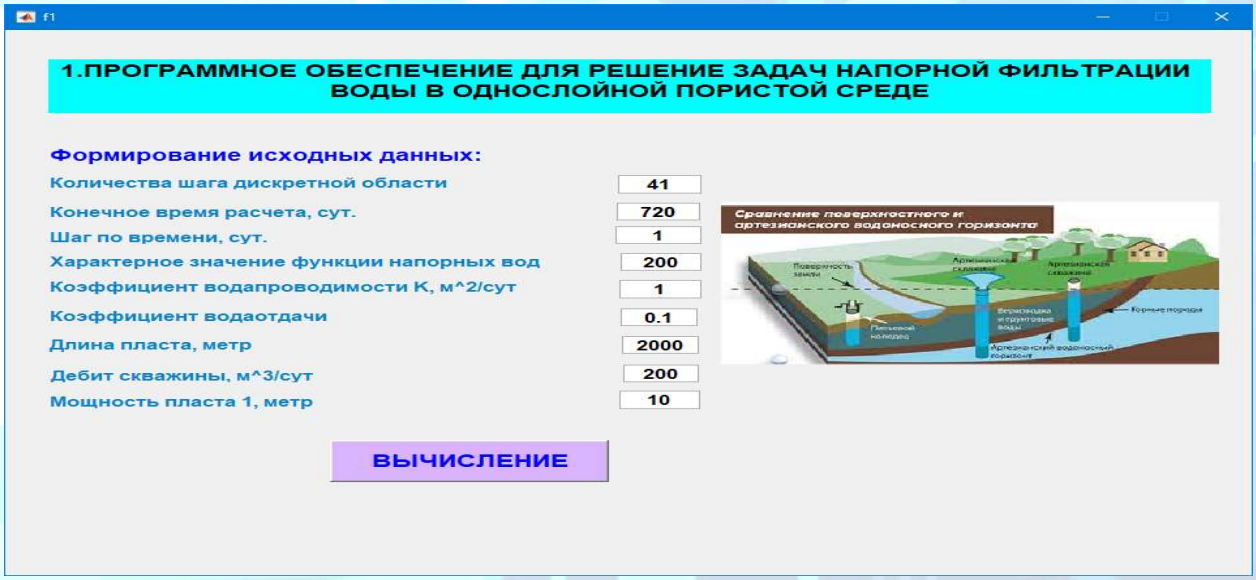


Рис. 4.5. Интерфейс решение задачи напорной фильтрации в однослойной пористой среде

Рис.4.6 приводится интерфейс программного обеспечение решение задачи напорной фильтрации в двухслойной пористой среде со слабопроницаемой перемычки. Интерфейс программного обеспечение состоит из название программы, ввода исходных данных и их значение, а также запуск программы. Программа имеет зарание подготовки вводимых данных в файл Fail2.txt. Численные результаты окончательного расчета вычислительного эксперимента записывается в текстовый файл Fayl_R2.text, а на экране отображается в графическом визуальном форме. Где отображается (рис. 4.8) изменение напора в обе пласте в виде 3D графике, контур график распределение напора, график изменение напора в сечении обе пласта и падение напора на скважинах.

ISSN 3030-3907

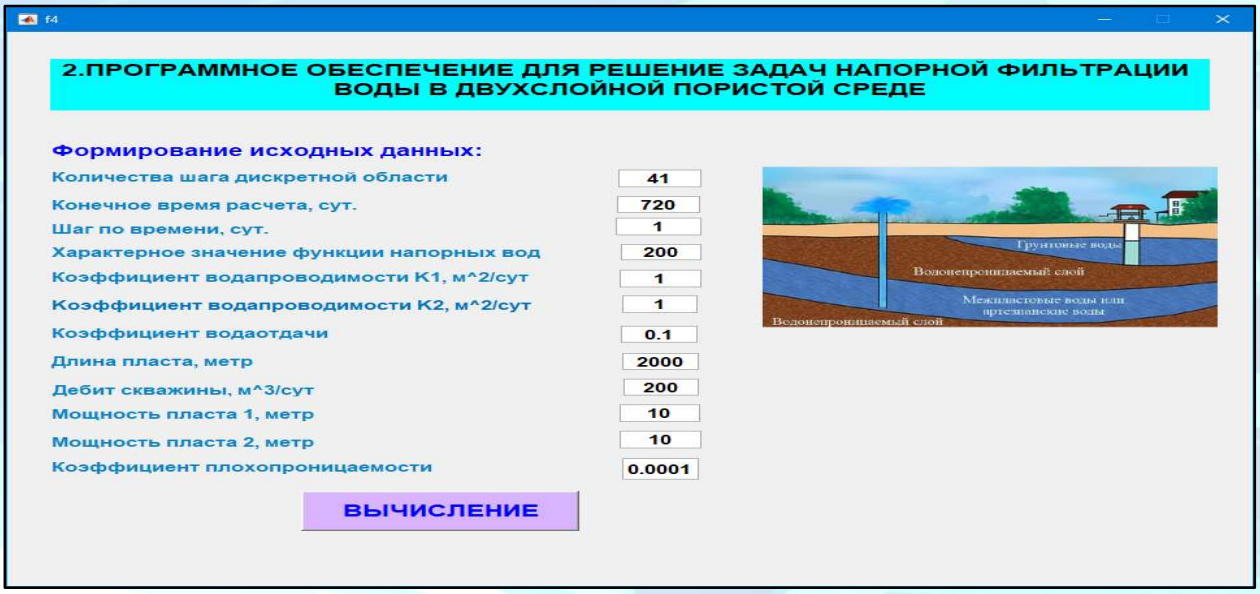


Рис. 4.6. Интерфейс решение задачи напорной фильтрации в двухслойеной пористой среде со слобопроницаемой перемычки

Рис.4.7 приводится интерфейс программного обеспечение решение задачи напорно-безнапорной фильтрации взаимосвязанных трехслойных пластах. Программа имеет зарание подготовки вводимых данных в файл Fail3.txt. Численные результаты окончательного расчета вычислительного эксперимента записывается в текстовый файл Fayl_R3.txt, а на экране отображается в графическом визуальном форме. Результаты численных расчетов отображается (рис. 4.7) в виде 3D графике, контур график распределение напора, график изменение напора в сечении обе пласта и падение напора на скважинах.

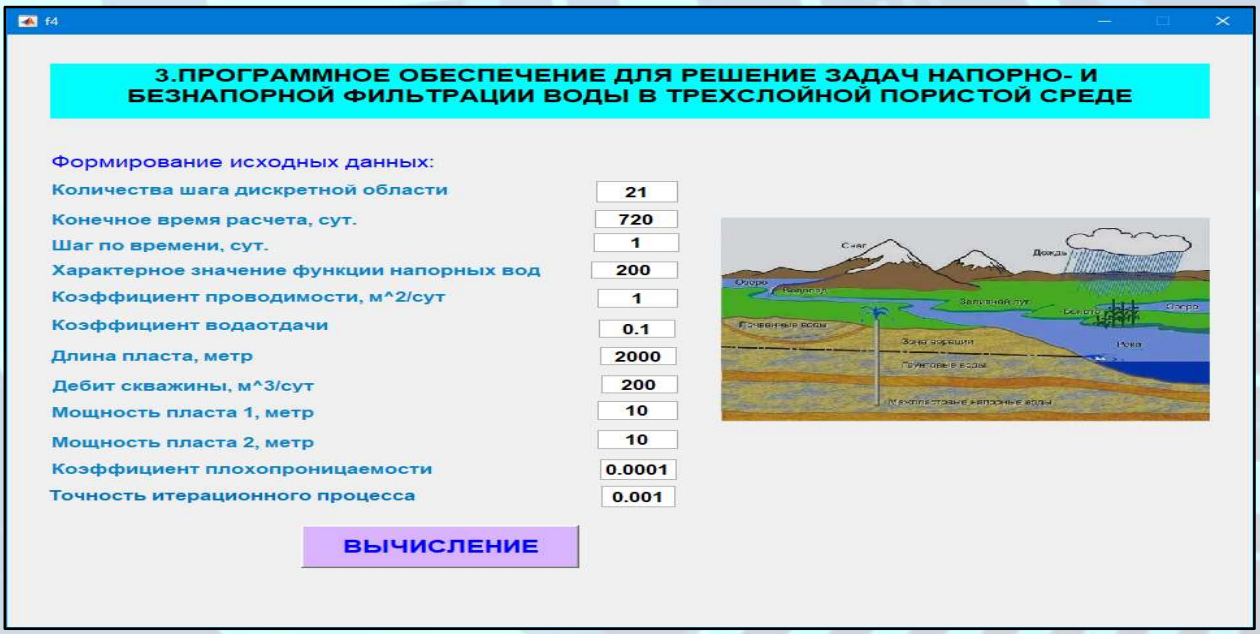


Рис. 4.7. Интерфейс решение задачи напорно-безнапорной фильтрации взаимосвязанных трехслойных пластах

ISSN 3030-3907

После работы каждой программы численные результаты расчета выводится на экран в виде графическом визуальном форме (рис. 4.8). На первом и втором графике отображается изменение напора в пласта 3D графике, третьем и четвертом изменение напора в контур графике и сечении, пятом и шестом графике падение напора в скважинах. Программный комплекс также обеспечивает отображать результаты численных расчетов в различных формах отдельных графиков.

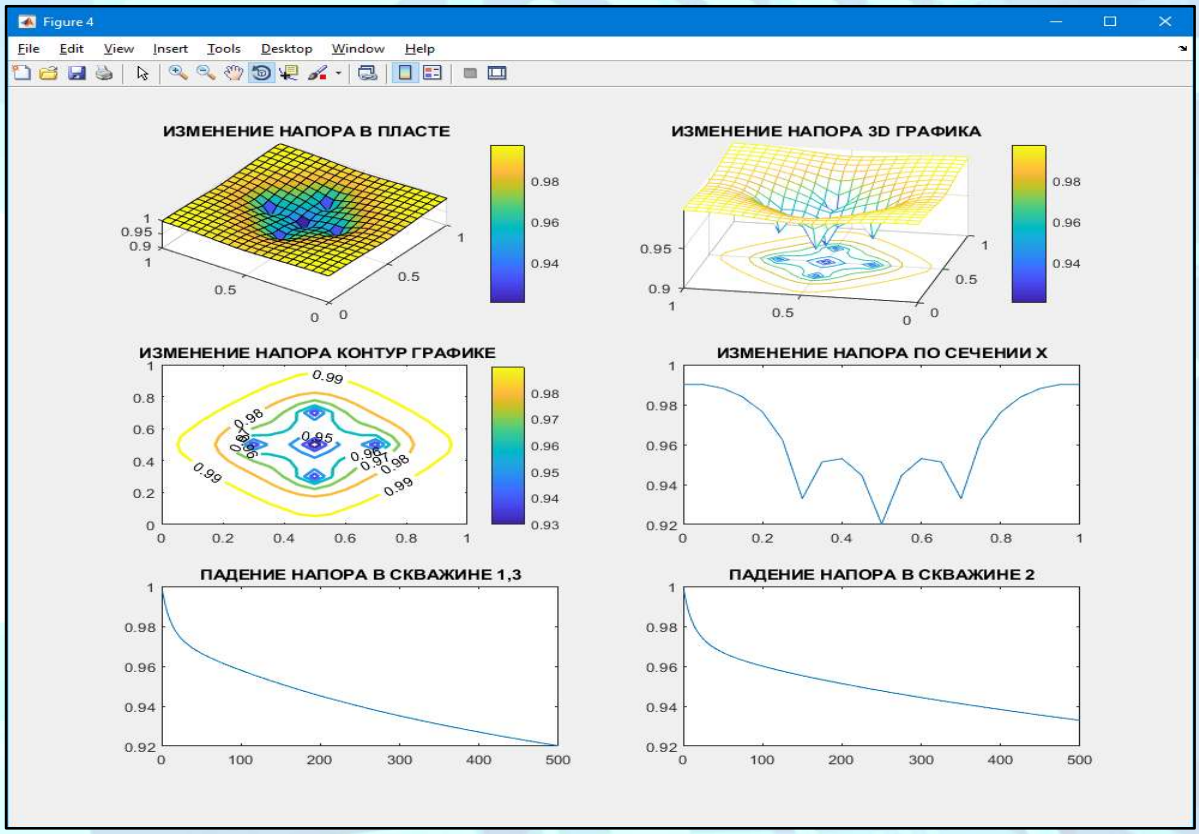


Рис. 4.8. 3D и контур график изменения напора воды в пласте

Разработанный «Комплекс программ для решения задач фильтрации подземных вод одно и многослойных пористых средах» позволяет пользователям анализировать и исследовать процесс изменение подземных напорных и безнапорных вод, рассчитывать основные показатели, представлять числовые результаты в наглядной форме в виде графики и анимации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- разработано программный комплекс, позволяющий ускорить процессы прогнозирования, анализа и проектирования движения напорных и безнапорных вод в пластах;
- сформирована функциональная схема программного комплекса;
- создан необходимых для программы, информационного массива расчетой дискретного области фильтрации;

ISSN 3030-3907

- рассмотрены вопросы модули программного обеспечения и пользовательский интерфейс программного комплекса для визуализация численных расчетов для мониторинга и прогнозирование движение подземных вод в пористой среде.

На основании исследований, проведенных в диссертационной работе, были получены следующие результаты и выводы:

1. Исследованы и сформулированы математической модели, одно и двухмерных краевых задач фильтрации подземных вод в многослойной пористой среде. Получены необходимые данные для применения эффективных методов вычислений к решению краевой задачи. Эти модели и методы послужили для решения проблем нестационарных процессов фильтрации подземных вод.
2. На основе математической модели двумерной задачи процесса фильтрации нефти сформулирована краевая задача, разработаны численное модели и эффективные параллельные вычислительные алгоритмы расчета решении задач фильтрации напорной и безнапорной воды в пористой среде. При этом численная модель и алгоритмы расчета, позволяет ускорить процесс расчета изменение напора и уровень грунтовых вод.
3. На основе схемы направления переменных граничной задачи был разработан алгоритм параллельных вычислений и создано программное обеспечение. Программное обеспечение позволило представить числовые результаты процессов в визуальной форме и провести вычислительные эксперименты.
4. Проведен сравнительный анализ параллельных и последовательных вычислений, а также проведены вычислительные эксперименты. Численные расчеты и вычислительные эксперименты показали на основе сравнительного анализа пригодность и эффективность созданных алгоритмов вычислений.
5. Разработан “Комплекс программ для решения задач фильтрации подземных вод одно- и многослойных пористых средах” для исследование процессов фильтрации напорной и безнапорной воды в динамически связанный многослойной пористой среде. Полученные результаты изменение напора в пласта, а также уровень грунтовых вод отображается для наглядности в 3D графике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аббасов М.Т., Джеваншир Р.Д., Иманов А.А., Джалалов Г.И. О влиянии пластового давления на изменение фильтрационно-емкостных свойств

ISSN 3030-3907

терригенных пород-коллекторов в процессе разработки месторождений нефти и газ // Геология нефти и газа. – 1997. №5. С. 34-39.
2. Аббасов М.Т., Иманов А.А., Джалалов Г.И. Деформация глубокозалегающих природных резервуаров залежей нефти и газа при разработке // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2006. № 3-4. С. 62-66.
3. Авакян Э.А., Горбунов А.Т. К упруго-пластическому режиму фильтрации. – В кн.: Теория и практика добычи нефти. Ежегодник ВНИИ, 1968. М.: Недра. С. 174-185.
4. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
5. Алифанов О.М. Идентификации процессов теплообмена летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1979. – 216 с.
6. Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Румянцев С.В. Экстремальные методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1988.
7. Альтшулер Л.В., Бражник М.И., Телегин Г.С. Прочность и упругость железа и меди при высоких давлениях ударного сжатия // ПМТФ. 1971. №6.
8. Артемов М.А., Баскаков В.А., Полканов Е.В., Чернов А.Е. Формирование, затухание и взаимодействие ударного импульса конечной протяженности со свободной поверхностью упругопластического тела // Вестник ВГУ, Серия: Физика, математика. 2004. №2. С. 103-116.
9. Бабе Г.Д., Бондарев Э.А., Воеводин А.Ф., Каниболотский М.А. Идентификация моделей гидравлики. Новосибирск: Наука, 1980. – 162 с.
10. Баренблатт Г.И. О некоторых приближенных методах в теории одномерной нестационарной фильтрации при упругом режиме // Изв. АН СССР. ОТН. 1954. № 9. С. 36 – 49.
11. Баренблатт Г.И., Крылов А.П. Об упругопластическом режиме фильтрации // Изв. АН СССР. ОТН. 1955. № 2. С. 5 – 13.
12. Баренблатт Г.И. О некоторых задачах восстановления давления и распространения волн разгрузки при упруго-пластическом режиме фильтрации // Изв. АН СССР. ОТН. 1955. № 2. С. 14 – 26.
13. Баренблатт Г.И., Ентов В.Н., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – М.: Недра, 1984. -211 с.
14. Баскаков В.А., Чернов А.Е. О распространении и отражении поверхностей сильного разрыва (ударных волн) в твердых телах // Тр. V Междунар. н.-техн. конф. и шк. молодых ученых, асп-ов и ст-ов

ISSN 3030-3907

«Авиакосмические технологии – АКТ – 2004». – Воронеж: Изд-во ВГТУ. 2004. Ч.1. С. 35-49.

15. Батьков А.Н., Нустров В.С., Сарычева Е.И. Процессы фильтрации со сменой режима в деформируемых пористых средах // Известия УрГУ. 2006. №46. С. 35-43.
16. Бахвалов Н.С. Численные методы. Т.1. М., Наука, 1973. 632 с.

ISSN 3030-3907