

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ПЛАСТОВ ОДНОЙ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ**

**П.М. Косьянов<sup>1</sup>**

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: kospiter2012@yandex.ru

**Н.В. Манюкова<sup>2</sup>**

к.п.н., доцент, e-mail: manukovanv@mail.ru

<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовск, Россия

<sup>2</sup>Нижневартовский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия

**Аннотация.** В статье представлены особенности проектирования компьютерной модели одновременно раздельной и поочередной эксплуатации нескольких пластов одной нагнетательной скважины для использования в процессе обучения специальным дисциплинам направления подготовки «Нефтегазовое дело».

**Ключевые слова:** компьютерная модель, проектирование компьютерной модели, виртуальная компьютерная лаборатория, нагнетательная скважина.

### **Введение**

В настоящее время и в сфере образования, и в нефтедобывающей отрасли производства стремительно развивается инновационное направление, связанное с разработкой и внедрением виртуальных компьютерных лабораторий (ВКЛ). Разработка и использование таких лабораторий в учебном процессе позволяет проводить интерактивные лабораторные / практические работы как в традиционном, так и дистанционном форматах по дисциплинам направлений подготовки вуза [4–12].

В данной работе описывается проектирование компьютерной модели одновременно раздельной и поочередной эксплуатации нескольких пластов одной нагнетательной скважины для использования в процессе обучения специальным дисциплинам направления подготовки «Нефтегазовое дело».

При использовании ВКЛ не требуется, чтобы специальное программное обеспечение было установлено на компьютере, лаборатория работает в удалённом режиме, используя клиент-серверную технологию. Обучающимся и преподавателям достаточно иметь доступ к компьютерам, подключённым к сети Интернет.

## 1. Постановка задачи

Компьютерная модель (КМ) — это (1) компьютерная программа, работающая на отдельном компьютере или нескольких компьютерах, взаимодействующих между собой, и описывающая некую модель определённой системы; это (2) модель, построенная на основе компьютерных технологий, электронных устройств и сетей; это (3) созданный на основе ресурсов компьютера виртуальный образ, отражающий свойства и связи моделируемого объекта, а также определяющий качественные и количественные внутренние и внешние его характеристики; это (4) модель, представляющая моделируемый объект компьютерными программными средствами.

Разработке КМ предшествуют мысленные, вербальные, структурные, математические и алгоритмические модели.

Различают КМ по видам применения — это обучающие, научно-исследовательские, научно-технические модели, позволяющие проводить исследование процессов, явлений и реальных объектов.

Создание КМ одновременно раздельной и поочерёдной эксплуатации нескольких пластов (от двух до четырёх) одной нагнетательной скважины, предполагает расчёт основных физических параметров, описывающих процесс закачки жидкости в пласты скважины.

Модель — это отдельная электронная страница с удобным графическим интерфейсом и различными элементами управления, с помощью которых пользователь имеет возможность изменять параметры модели. Это в свою очередь, позволяет анализировать её поведение при различных условиях.

В рамках данной модели должны решаться следующие задачи:

1. Определение давления на устье скважины (устьевое давление);
2. Расчёт диаметра штуцера, который должен быть установлен на устье скважины;
3. Определение общего расхода жидкости (воды) для закачки в пласты нагнетательной скважины;
4. Определение пластового давления (для каждого пласта);
5. Расчёт диаметра пластового штуцера (для каждого пласта);
6. Расчёт приёмистости пласта (для каждого пласта);
7. Определение расхода жидкости (воды) по пластам.

Результатом построенной модели должны быть не только рассчитанные значения определяемых физических параметров, но и графическое представление зависимостей этих величин.

Предполагается, что ВКЛ с удалённым доступом будет снабжена элементами управления приборами и индикаторами измерителей, которые будут отображаться на экране компьютера обучающегося, подключённого к интернету. Для

выполнения лабораторных / практических работ с удалённым доступом нужно иметь учебный стенд, оснащённый специальным оборудованием и управляемый через интернет, который может находиться в учебной лаборатории университета и на производстве. Достоинством такого подхода к организации лабораторных/практических работ является возможность одновременной работы нескольких обучающихся на одном лабораторном стенде.

На сегодняшний день существует большое количество автоматизированных комплексов, позволяющих проводить построение и исследование моделей [7–12]. Любая программная среда имеет свой инструментарий и позволяет работать с конкретными видами информационных моделей. Поэтому перед разработчиком возникает проблема выбора более удобной и эффективной среды для решения поставленной задачи. От выбора программной среды зависит и алгоритм построения КМ, и форма его представления.

Например, это может быть блок-схема. Руководствуясь блок-схемой, задачу можно решить в разных средах. В среде программирования — это программа, записанная на алгоритмическом языке. В прикладных средах — это последовательность технологических приёмов, приводящая к решению задачи.

## 2. Методика исследования и расчёт параметров нагнетательной скважины

Рассмотрим методику определения пластового давления и расчёта коэффициента приёмистости пластов одной скважины. Для проведения данного исследования необходимо:

1. Снять глухую пробку (5ПГ-25) или регулятор жидкости (5РД-25) из скважинной камеры (КТ1) на глубине исследуемого пласта;
2. Закачать воду и зафиксировать минимальное давление поглощения пласта, которое условно принимается равное пластовому давлению;
3. Закачать воду в каждый пласт при 2-х режимах и соответственно зафиксировать при установившихся  $P_{\text{лин}}^{\text{зак}}$ ,  $P_{y1}^{\text{зак}}$ ,  $P_{y2}^{\text{зак}}$ , и  $G_1$ ,  $G_2$ , ( $\text{м}^3/\text{сут}$ );
4. Определить коэффициент приёмистости исследуемого пласта по формуле:

$$k_{\text{пр}} = \frac{G_1 - G_2}{P_{y1}^{\text{зак}} - P_{y2}^{\text{зак}}}, \text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{атм}; \quad (1)$$

5. Определить проектное забойное давление для исследуемого пласта:

$$P_{\text{заб}}^{\text{проект}} = P_{\text{пл}} + \frac{G}{k}, \text{атм}; \quad (2)$$

6. Определить проектное давление в колонне НКТ на глубине исследуемого пласта:

$$P_{\text{НКТ}}^{\text{проект}} = P_{\text{у}}^{\text{проект}} + \frac{\gamma H}{10} = \Delta P_{\text{тр}}, \text{атм}, \quad (3)$$

где  $P_y^{\text{проект}} = P_{\text{лин}}$ ,

$\Delta P_{\text{тр}}$  — потери давления на трение, определяется по формуле Дарси-Вейсбаха;

$\gamma$  — удельный вес воды;

$H$  — глубина пласта, м;

7. Определить диаметр штуцера для исследуемого пласта:

$$d = \sqrt{\frac{G_{\text{проект}}}{0,785 \cdot 86400 \mu \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \Delta P}{\rho}}}}, \text{ м}; \quad (4)$$

8. После установки регуляторов для пластов и установления режима закачки определить фактические расходы закачки воды до пласта. Для этого расходомер воды сначала необходимо спустить на глубину выше верхнего пласта, а затем между точками закачки по пластам. По результатам исследования измерить (для 3-х пластов):

— над верхним пластом  $G_{\text{общ}}$ ;

— между двумя верхними пластами;

— между двумя нижними пластами.

Затем определить расход закачки по пластам (снизу-вверх). А эквивалентный диаметр двухштуцерного регулятора (например РД-25) рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{экр}} = \sqrt{d_{\text{ш1}}^2 + d_{\text{ш2}}^2}. \quad (5)$$

На рисунке 1 показан пример одновременно раздельной и поочерёдной эксплуатации двух пластов [13].

### 3. Математическая модель

Математическая модель имеет в своей основе следующие уравнения.

1. Уравнение Дарси-Вейсбаха, описывающее потери давления на трение в трубопроводе:

$$\Delta P_{\text{пр}} = \lambda \frac{v^2 L \rho}{2g d}, \quad (6)$$

где  $\Delta P_{\text{пр}}$  — потеря давления в Па;

$\lambda$  — коэффициент Дарси;

$v$  — линейная скорость движения жидкости в трубопроводе в  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$\rho$  — плотность жидкости в  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$g$  — ускорение свободного падения в  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$L$  и  $d$  — длина и диаметр трубопровода в м;

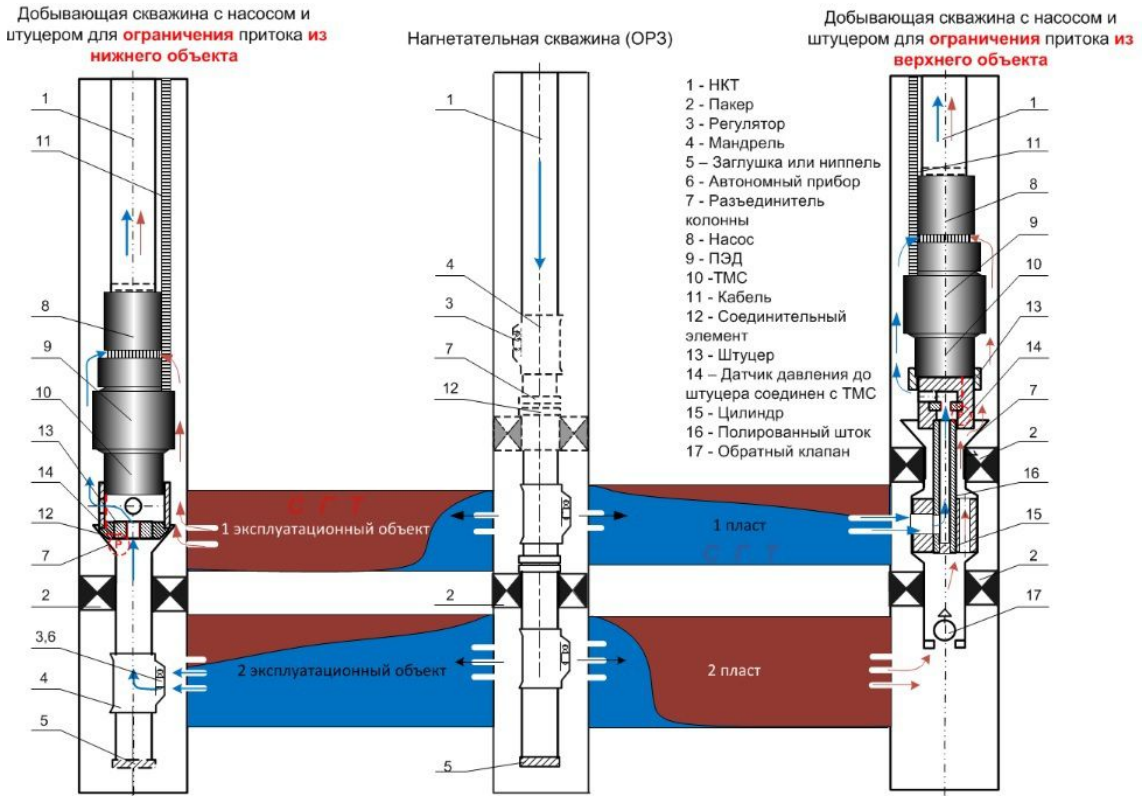


Рис. 1. Схема одновременно раздельной и поочерёдной эксплуатации двух пластов

2. Коэффициент гидравлического трения.

Формула Пуазейля для ламинарного режима движения жидкости

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \tag{7}$$

формула для турбулентного движения жидкости

при  $10000 \geq Re \geq 3000$  :

$$\lambda = 8 \left( \frac{1}{2,21 \cdot \ln(\frac{Re}{7})} \right)^2, \tag{8}$$

при  $Re \geq 10000$  :

формула Альтшуля:

$$\lambda = f(Re, \Delta) = 0,11 \left( \Delta_\gamma + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \tag{9}$$

формула Блазиуса:

$$\lambda = f(Re) = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \tag{10}$$

$$\lambda = 8 \left( \frac{1}{2,457 \cdot (\ln(3,707(\frac{D}{\Delta})))^2} \right); \quad (11)$$

3. Уравнение, описывающее движение воды через штуцер:

$$Q = \nu S \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \quad (12)$$

где  $\nu$  — кинематическая вязкость,

$\Delta P$  — потери давления,

$S$  — площадь сечения отверстия штуцера,

$Q$  — расход жидкости;

4. Уравнение, описывающее приёмистость пласта:

$$Q = k_{пр}(P_з - P_{пл}), \quad (13)$$

где  $P_{пл}$  — пластовое давление,

$P_з$  — забойное давление,

$k_{пр}$  — коэффициент приёмистости,

$Q$  — расход жидкости.

#### 4. Проектирование программного продукта

Основными предпосылками выбора среды программирования являются задача и функциональные требования программы:

1. Допустимая скорость выполнения расчётов;
2. Модульность;
3. Клиент-серверная технология;
4. Вывод отчётов в формате HTML, Microsoft Excel;
5. Возможность сохранения результатов расчётов в промежуточные форматы данных для дальнейшей передачи в базу данных (XML).

Исходя из перечисленных предпосылок, была выбрана интегрированная среда программирования Visual Studio, поскольку поддерживает:

1. Возможность ведения одновременной разработки локальной и сетевой версии программного продукта. Предполагается использование одних и тех же вычислительных модулей при разных интерфейсах (Windows и Web-интерфейсах). В этом случае программное обеспечение web-сервера также должен быть продуктом корпорации Microsoft (какая-либо версия Microsoft Internet Information Server);

2. Возможность выбора языка программирования. Visual Studio предлагает программирование на 5 языках (C Sharp, Visual C++, VB.NET, J Sharp);
3. Возможность поддержки новейших технологий в области передачи данных (SOAP, XML);
4. Наличие большого количества готовых компонентов специально для создания Web-приложений, что ставит его вне конкуренции в создании подобного рода программ (например от PHP – MySQL).

Общий алгоритм работы программы

Работа программы состоит из нескольких основных частей (рис. 2):

- выбор задачи;
- задание параметров расчёта;
  - выбор метода расчёта коэффициента гидравлического трения;
  - задание констант, коэффициентов;
  - число пластов;
- ввод или загрузка из внешнего файла исходных данных;
- решение задачи, расчёт параметров модели;
- вывод результатов;
- сохранение задачи и создание отчётов.

Более детально рассмотрим решаемые задачи.

1. Определение давления на устье скважины (устьевое давление).

Исходными данными для задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) диаметр устьевого штуцера, мм;
- 3) общий расход воды,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ;

Устьевое давление находим из формулы:

$$P_{\text{устье}} = P_{\text{линии}} - \left( \frac{G_{\text{проект}}}{0,785 \cdot 86400 \mu d^2} \right)^2 \rho. \quad (14)$$

2. Расчёт диаметра штуцера, который должен быть установлен на устье скважины.

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) устьевое давление, атм;
- 3) общий расход воды,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ;
- 4) внутренний диаметр НКТ, мм.

Для расчёта диаметра устьевого штуцера используем формулу:

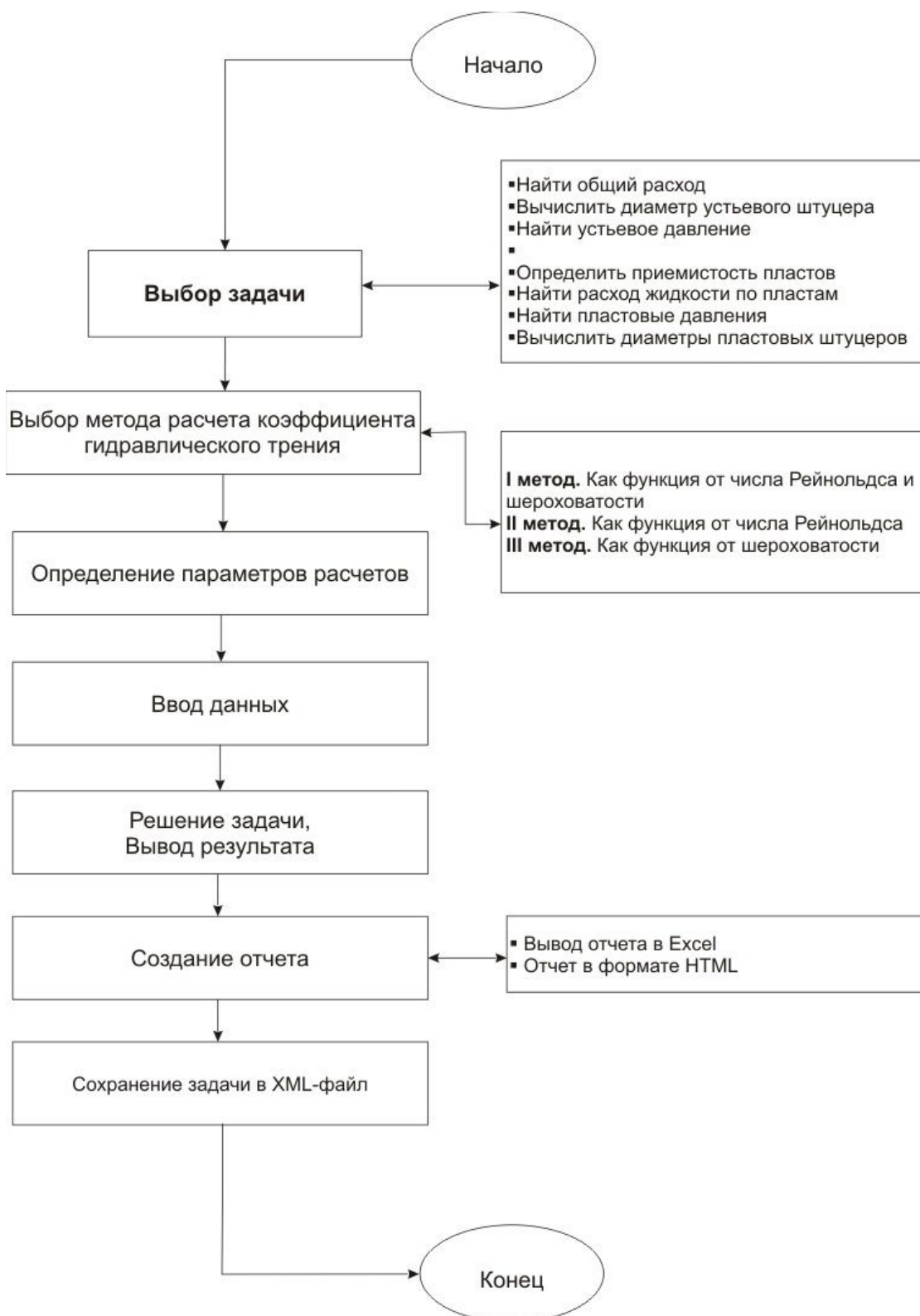


Рис. 2. Общий алгоритм работы программы



3. Определить диаметр штуцера для исследуемого пласта:

$$d = \sqrt{\frac{G_{\text{проект}}}{0,785 \cdot 86400 \mu \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \Delta P}{\rho}}}}, \text{ м.} \quad (15)$$

4. Определение общего расхода жидкости (воды) для закачки в пласты нагнетательной скважины.

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) устьевое давление, атм;
- 3) диаметр устьевое штуцера, мм.

Для определения общего расхода жидкости используем формулу:

$$G_{\text{проект}} = d^2 0,785 \cdot 86400 \mu \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \Delta P}{\rho}}. \quad (16)$$

5. Определение пластового давления (для каждого пласта).

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) устьевое давление, атм;
- 3) диаметр устьевое штуцера, мм.
- 4) общий расход воды,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ;
- 5) внутренний диаметр НКТ, мм.
- 6) глубина, на которой устанавливается пластовый штуцер (для каждого пласта), м.
- 7) удлинение, м.
- 8) расход воды по пластам,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ .
- 9) коэффициент приёмистости пластов,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут} \cdot \text{атм}}$ .

На следующей схеме приведён алгоритм определения пластовых давлений (рис. 3).

Общей первоочередной подзадачей при решении всех данных задач является нахождение потерь давления, блок-схема алгоритма нахождения которого представлена на рис. 4.

6. Расчёт диаметра пластового штуцера (для каждого пласта).

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;

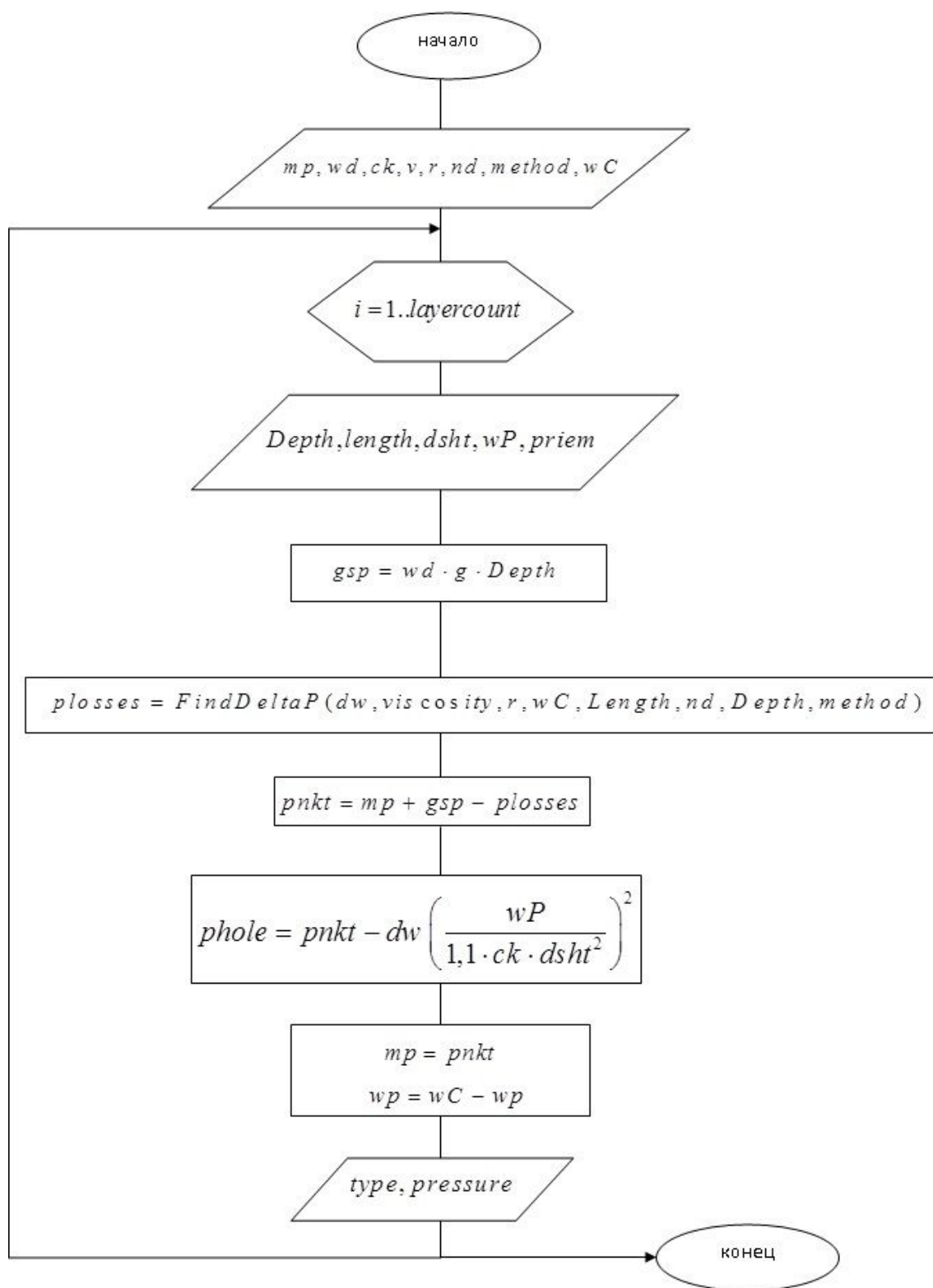


Рис. 3. Блок-схема алгоритма определения пластовых давлений

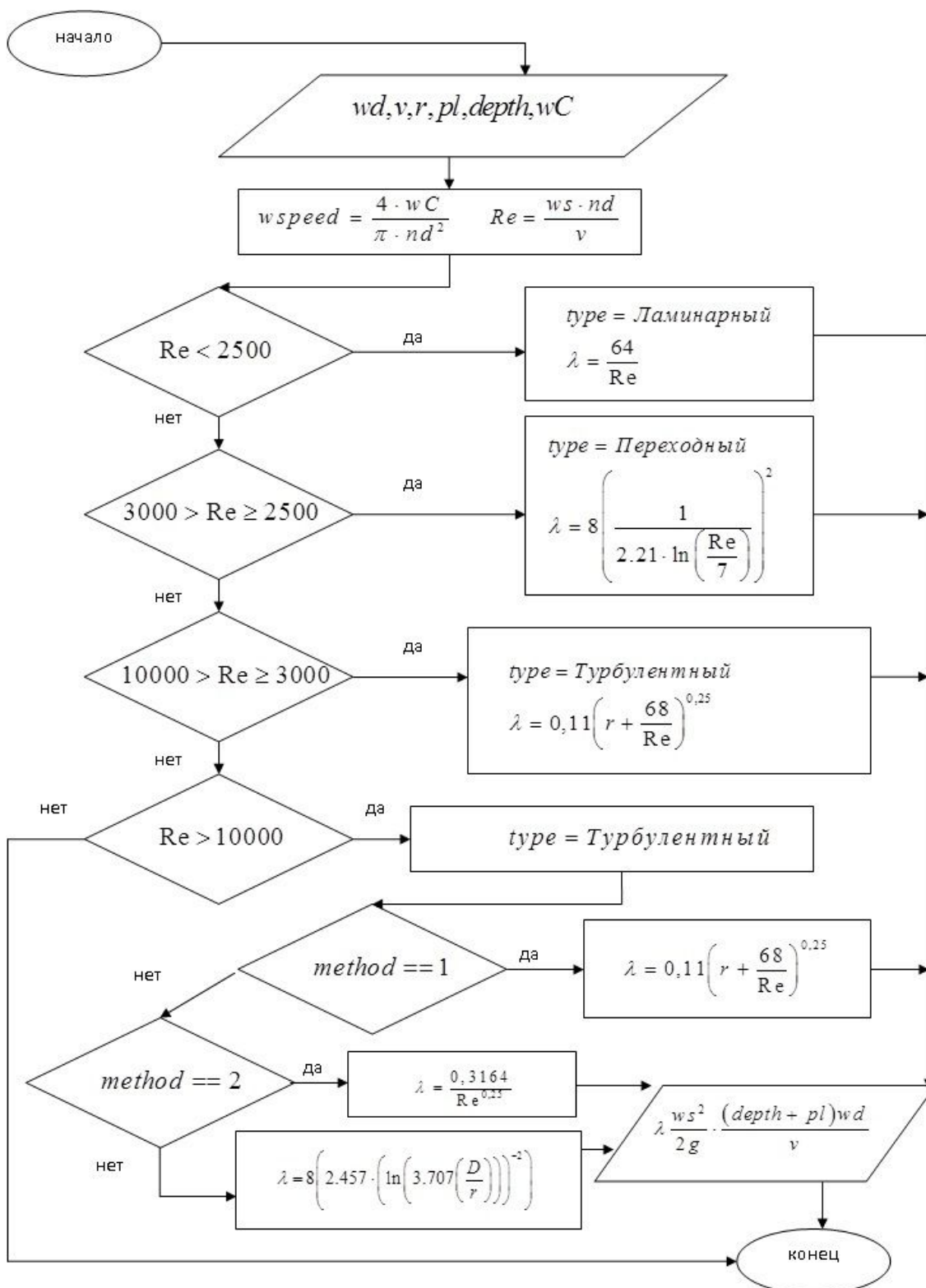


Рис. 4. Блок-схема алгоритма нахождения потерь давления

- 2) устьевое давление, атм;
- 3) диаметр устьевое штуцера, мм.
- 4) общий расход воды,  $\frac{м^3}{сут}$ ;
- 5) внутренний диаметр НКТ, мм.
- 6) глубина, на которой устанавливается пластовый штуцер (для каждого пласта), м.
- 7) удлинение, м.
- 8) расход воды по пластам,  $\frac{м^3}{сут}$ .
- 9) коэффициент приёмистости пластов,  $\frac{м^3}{сут*атм}$ .
- 10) пластовое давление, атм. (для каждого пласта).

7. Расчёт приёмистости пласта (для каждого пласта).

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) устьевое давление, атм;
- 3) диаметр устьевое штуцера, мм.
- 4) общий расход воды,  $\frac{м^3}{сут}$ ;
- 5) внутренний диаметр НКТ, мм.
- 6) глубина, на которой устанавливается пластовый штуцер (для каждого пласта), м.
- 7) удлинение, м.
- 8) расход воды по пластам,  $\frac{м^3}{сут}$ .
- 9) пластовое давление, атм. (для каждого пласта).

8. Определение расхода жидкости (воды) по пластам.

Исходными данными для этой задачи являются:

- 1) давление в линии, атм;
- 2) устьевое давление, атм;
- 3) диаметр устьевое штуцера, мм.
- 4) общий расход воды,  $\frac{м^3}{сут}$ ;
- 5) внутренний диаметр НКТ, мм.
- 6) глубина, на которой устанавливается пластовый штуцер (для каждого пласта), м.
- 7) удлинение, м.
- 8) коэффициент приёмистости пластов,  $\frac{м^3}{сут*атм}$ .
- 9) пластовое давление, атм. (для каждого пласта).

## Заключение

В ходе проектирования, согласно составленному техническому заданию, была создана компьютерная модель, позволяющая проводить расчёты физических параметров одновременно раздельной и поочередной эксплуатации нескольких пластов одной нагнетательной скважины, оптимизировать исследования и расчёт параметров нагнетательной скважины, адаптировать КМ для обучения по специальным дисциплинам направления подготовки «Нефтегазовое дело».

Основным назначением КМ является повышение эффективности и качества проводимых лабораторией работ.

Разработанная КМ позволяет решать обучающие, научно-исследовательские задачи и проблемные научно-технические вопросы.

Создание КМ одновременно раздельной и поочередной эксплуатации нескольких пластов (от двух до четырех пластов) одной нагнетательной скважины, позволяет оптимизировать расчёт основных физических параметров, описывающих процесс закачки жидкости в пласты скважины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боев В.Д. Имитационное моделирование систем. М. : Издательство Юрайт, 2017. 253 с. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-boev.pdf> (дата обращения: 07.12.2021).
2. Гателюк О.В., Исмаилов Ш.К., Манюкова Н.В. Численные методы. М. : Юрайт, 2019. 140 с.
3. Горностаев О.М. Математическое и компьютерное моделирование. М. : Мир науки, 2019. Сетевое издание. URL: <https://izd-mn.com/PDF/50MNNPU19.pdf> (дата обращения: 07.12.2021)
4. Косьянов П.М. Виртуальный лабораторный комплекс по квантовой, атомной и ядерной физике. Учебное пособие, Библиотечно-издательский комплекс ТИУ, 2016. 175 с.
5. Косьянов П.М. Виртуальный лабораторный комплекс по квантовой физике. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020610888, 21.01.2020. Заявка № 2019667830 от 30.12.2019.
6. Косьянов П.М. Виртуальный лабораторный комплекс по ядерной физике. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020610889, 21.01.2020. Заявка № 2019667813 от 30.12.2019.
7. Косьянов П.М., Манюкова Н.В. Разработка информационной системы лаборатории ФНСИП // Математические структуры и моделирование. 2021. № 2(58). С. 137–148.
8. Маликов Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем. Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. 257с.
9. Манюкова Н.В. Разработка электронных учебных пособий и их использование в формировании профессиональных компетенций студентов вуза. В сборнике: современные проблемы прикладных наук. Сборник научных трудов по итогам финансируемых научных исследований за 2011 год. Омск, 2012. С. 77–82.

10. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю. Методология проектирования и разработки обучающих программных комплексов. В сборнике: Современное программирование. Материалы II Международной научно-практической конференции. Отв. редактор Т.Б. Казиахмедов. 2019. С. 112-116.
11. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю. CASE-средства в преподавании информационных технологий для студентов направления подготовки «Информатика и вычислительная техника» // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. 2018. С. 93–95.
12. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю., Мамедли Р.Э. Математическое моделирование в преподавании информационных технологий // Математические структуры и моделирование. 2019. № 4(52). С. 118–133.
13. Патент RU2003127627/03А «Способ Шарифова однораздельной и поочередной эксплуатации нескольких пластов нагнетательной скважины»; Заявка: 2003127627/03; Дата подачи заявки: 2003.09.11; Опубликовано: 2005.03.27 Федеральный институт промышленной собственности, отделение ВПТБ / Шарифов М.З., Леонов В.А.

## DESIGNING A COMPUTER MODEL FOR OPERATING SEVERAL FORMATIONS OF ONE INJECTION WELL

**P.M. Kosianov**<sup>1</sup>

Professor, Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: kospiter2012@yandex.ru

**N.V. Manyukova**<sup>2</sup>

Ph.D. (Ped.), Associate Professor, e-mail: manukovanv@mail.ru

<sup>1</sup> Tyumen Industrial University, branch Nizhnevartovsk, Russia

<sup>2</sup>Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

**Abstract.** The article presents the features of designing a computer model of simultaneous-separate and alternate operation of several layers of one injection well for use in the process of teaching special disciplines of education field "Oil and Gas Business".

**Keywords:** computer model, computer model design, virtual computer laboratory, injection well.

## REFERENCES

1. Boev V.D. Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Moscow, Izdatel'stvo Yurait, 2017, 253 p. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-boev.pdf> (07.12.2021). (in Russian)
2. Gatelyuk O.V., Ismailov Sh.K., and Manyukova N.V. Chislennye metody. Moscow, Yurait, 2019, 140 p. (in Russian)
3. Gornostaev O.M. Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie. Moscow, Mir nauki, 2019. Setevoe izdanie. URL: <https://izd-mn.com/PDF/50MNNPU19.pdf> (07.12.2021) (in Russian)

4. Kos'yanov P.M. Virtual'nyi laboratornyi kompleks po kvantovoi, atomnoi i yadernoi fizike. Uchebnoe posobie, Bibliotechno-izdatel'skii kompleks TIU, 2016, 175 p. (in Russian)
5. Kos'yanov P.M. Virtual'nyi laboratornyi kompleks po kvantovoi fizike. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020610888, 21.01.2020. Zayavka no. 2019667830 ot 30.12.2019. (in Russian)
6. Kos'yanov P.M. Virtual'nyi laboratornyi kompleks po yadernoi fizike. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020610889, 21.01.2020. Zayavka no. 2019667813 ot 30.12.2019. (in Russian)
7. Kos'yanov P.M. and Manyukova N.V. Razrabotka informatsionnoi sistemy laboratorii FNSIP. Matematicheskie struktury i modelirovanie, 2021, no. 2(58), pp. 137–148. (in Russian)
8. Malikov R.F. Osnovy razrabotki komp'yuternykh modelei slozhnykh sistem. Ufa, Izd-vo BGPU, 2012, 257 p. (in Russian)
9. Manyukova N.V. Razrabotka elektronnykh uchebnykh posobii i ikh ispol'zovanie v formirovanii professional'nykh kompetentsii studentov vuza. V sbornike: sovremennye problemy prikladnykh nauk, Sbornik nauchnykh trudov po itogam finansiruemyykh nauchnykh issledovaniy za 2011 god, Omsk, 2012, pp. 77–82. (in Russian)
10. Manyukova N.V. and Urazaeva L.Yu. Metodologiya proektirovaniya i razrabotki obuchayushchikh programmnykh kompleksov. V sbornike: Sovremennoe programirovanie, Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Otv. redaktor T.B. Kaziakhmedov, 2019, pp. 112–116. (in Russian)
11. Manyukova N.V. and Urazaeva L.Yu. CASE-sredstva v prepodavanii informatsionnykh tekhnologii dlya studentov napravleniya podgotovki "Informatika i vychislitel'naya tekhnika". Prepodavanie informatsionnykh tekhnologii v Rossiiskoi Federatsii, Materialy Shestnadtsatoi otkrytoi Vserossiiskoi konferentsii, 2018, pp. 93–95. (in Russian)
12. Manyukova N.V., Urazaeva L.Yu., and Mamedli R.E. Matematicheskoe modelirovanie v prepodavanii informatsionnykh tekhnologii. Matematicheskie struktury i modelirovanie, 2019, no. 4(52), pp. 118–133. (in Russian)
13. Patent RU2003127627/03A "Sposob Sharifova odnorazdel'noi i poocherednoi ekspluatatsii neskol'kikh plastov nagnetatel'noi skvazhiny"; Zayavka: 2003127627/03; Data podachi zayavki: 2003.09.11; Opublikovano: 2005.03.27 Federal'nyi institut promyshlennoi sobstvennosti, otdelenie VPTB, Sharifov M.Z., Leonov V.A. (in Russian)

*Дата поступления в редакцию: 30.11.2021*