УДК 681.142.2(076.5)

А.Л.КЛИМЕНКОВ, *студент, prisioner@mail.ru*
В.Т.ЛИТВИН, *студент, litvin_vova@mail.ru*
О.Г.БЫКОВА, *канд. техн. наук, доцент, tutorinfo@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

A.L.KLIMENKOV, *student, prisioner@mail.ru*
V.T.LITVIN, *student, litvin_vova@mail.ru*
O.G.BUKOVA, *PhD in eng. sc., associate professor, tutorinfo@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ПРОГРАММА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В СКВАЖИНЕ ПО МЕТОДИКАМ ПОЭТМАНА – КАРПЕНТЕРА И КРЫЛОВА – ЛУТОШКИНА

В статье представлено описание проекта, разработанного в среде создания Windows-приложений Delphi, который позволяет производить гидродинамический расчет по методикам Поэтмана – Карпентера и Лутошкина – Крылова. В проекте предусмотрены проверка введенных исходных данных на корректность, сохранение введенных данных, выполнение расчета, вывод на экран и запись в файл результатов расчета по методикам, а также запись хода расчета со всеми промежуточными результатами.

***Ключевые слова*:** среда Delphi, программа, гидродинамический расчет, корректность введенных данных, запись в файл.

COMPUTER PROGRAM OF GIDRODYNAMICAL CALCULATION OF MOVING MIXTURE IN PIPES DUE TO POETMAN – KARPENTER AND LUTOSHKIN – KRYLOV METHODS

In this article is described computer project, that is made by means of programming language Delphi. By means of this program one could realize gidrodynamical calculation due to Poetman – Karpenter and Lutoshkin – Krylov methods. The project allows to control input data, to save input data, to execute calculation, to output results, to write results in file. Moreover the program produce file with all calculations.

***Key words*:** Delphi, program, gidrodynamical calculation, correct of input data, results output, result's file creation.

Решение целого ряда технологических задач добычи нефти, в частности определение и установление рационального способа извлечения продукции на поверхность, оптимального режима работы скважин, а также выбор необходимого оборудования для его обеспечения связано с проведением гидродинамических расчетов многофазного потока продукции скважины в различных элементах ее конструкции и, в первую очередь, в колонне подъемных труб. Успешное решение технологических задач зависит от правильности использования расчетных зависимостей, учитывающих особенности реального газожидкостного потока. В общем виде гидравлический расчет движения жидкостной смеси в скважине сводится к решению системы уравнений, описывающих это движение. Движение газожидкостного потока – сложный термогидродинамический процесс, аналитическое описание которого возможно только на основе упрощенных

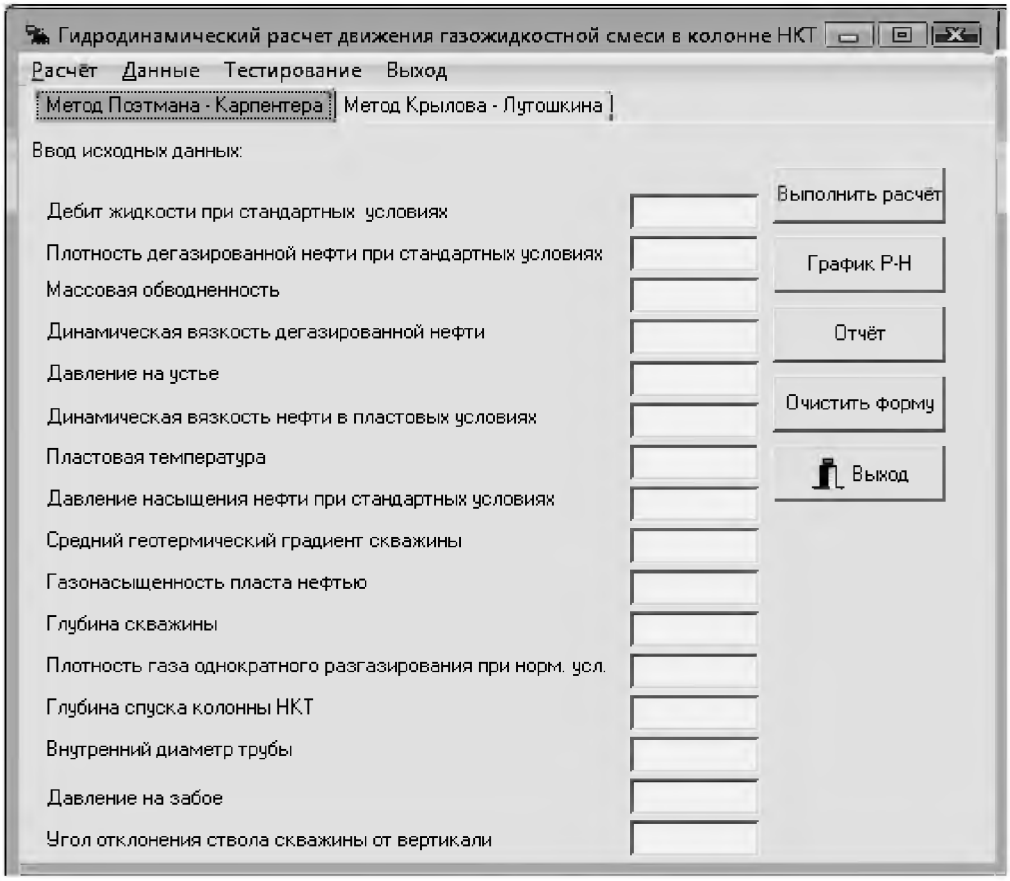


Рис.1. Главное окно программы для расчета по методике Поэтмана – Карпентера

моделей его представления, дополненное результатами промысловых и лабораторных экспериментов. Цель расчета – построение графика зависимости давления от глубины $p = f(H)$, т.е. определение давления в любой точке колонны подъемных труб, включая забой скважины.

В теоретическом представлении газожидкостного потока используют две основные модели течения: гомогенную и модель со скольжением фаз, в связи с чем все существующие на сегодня как у нас, так и за рубежом и представляющие практический интерес методы расчета газожидкостного потока можно классифицировать по особенностям модели, положенным в их основу. Расчет основывается на следующих положениях:

- баланс количества движения;
- уравнение неразрывности потока;
- уравнение теплопроводности (распределение температуры в колонне подъемных труб);
- уравнение состояния для расчета фазовых переходов, физических и расходных характеристик фаз;
- соотношение истинной объемной доли газа в смеси и коэффициента гидравлического сопротивления, вид которых определяется структурной формой потока.

В методах присутствуют эмпирические зависимости, что значительно увеличивает трудоемкость расчета. Для ускорения вычислений в среде Delphi* разработана программа, содержащая более 2000 строк программного кода и реализующая эти методы. В программе реализована проверка на корректность вводимых данных, сохранение всех введенных значений, вывод результата в табличном и графическом видах, подроб-

* *Фленов М.В.* Библия Delphi. 2-е изд., перераб. и доп. СПб, 2009. 800 с.

Flenov M.W. Delphi bible. 2-th edition. Saint Petersburg, 2009. 800 p.

ный ход расчета со всеми промежуточными выкладками.

В основу метода Поэтмана – Карпентера положено уравнение энергетического баланса для потока газожидкостной смеси гомогенной модели. Все необратимые виды потерь давления, обусловленные трением, скольжением (относительной скоростью) и ускорением, коррелируются посредством коэффициента f в форме, аналогичной уравнению Фанинга для потерь на трение при течении однофазного потока[**].

Метод Крылова – Лутошкина позволяет рассчитывать гидродинамические параметры газожидкостного потока двух структурных форм – пузырьковой и пробковой, характерных для большинства нефтяных скважин. Область существования указанных структур потока оценивают по критическому расходу газа, который в зависимости от диаметра колонны подъемных труб и расхода жидкости при соответствующих термодинамических условиях определяют из выражения

$$V_{\text{г.кр}} = 1{,}75 D_{\text{т}}^{2,5} + 1{,}25 Q_{\text{ж}},$$

где $D_{\text{т}}$ – диаметр колонных подъемных труб, м; $Q_{\text{ж}}$ – расход жидкости, м^3/с.

По соотношению между расходом газа при данных p и T и его критическим значением определяют соответствующую структуру потока:

- пузырьковая – $V_{\text{г}} < V_{\text{г.кр}}$;
- пробковая – $V_{\text{г}} > V_{\text{г.кр}}$.

Истинную объемную долю газа $\varphi_{\text{г}}$ в смеси соответствующей структуры в зависимости от расходных характеристик потока ($V_{\text{г}}$ и $Q_{\text{ж}}$), его геометрии ($D_{\text{т}}$) и физических свойств фаз определяют из соотношений, полученных на основе обработки экспериментальных данных. Используя зависимости, рассчитывают профиль давления в скважине, удовлетворяющей условиям, при которых справедлива применимость данного метода.

[**] *Мищенко И.Т.* Сборник задач по технологии и технике нефтедобычи. М., 1984. 271 с.

Mizenko I.T. Technology and technique of oil extraction examples. Moscow, 1984. 271 p.

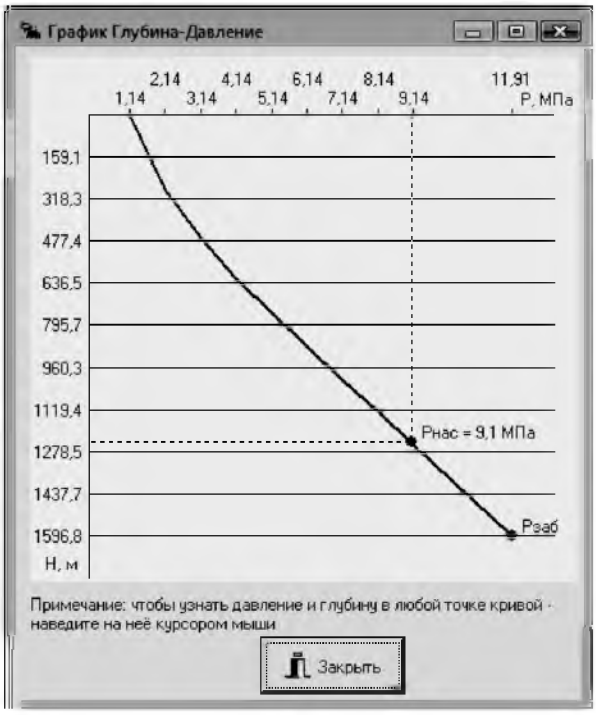


Рис.2. График зависимости давления от глубины

Программа запускается файлом «Гидравлический расчет.exe». Нажатие кнопки «Запустить программу» производит доступ к главному окну программы, который содержит выбор методики, необходимой для расчета, поля ввода исходных данных для выполнения расчета, а также кнопки запуска выполнения расчета (рис.1). В зависимости от выбора методики расчета изменяется набор исходных данных, требуемых для проведения расчета. Данные для расчета можно вводить вручную с клавиатуры, либо загрузить из заранее подготовленного файла. Для этого необходимо открыть меню «Данные», выбрать команду «Загрузить данные» из файла. Затем кнопкой в правой части окна либо командами в меню «Расчет» произвести расчет. Команда «Выполнить расчет» содержит таблицу со вспомогательными вычислениями и результатами. Результат расчета по методикам традиционно представляется в виде графика зависимости давления от глубины, его можно просмотреть при нажатии кнопки «График P-H» (рис.2). Расчет, выполненный программой, оформляется как отчет о расчете, который можно сохранить.

Файл содержит расчетные формулы, а также поэтапный расчет по исходным данным. В конце файла приведены график и полные результаты расчета, доступные в программе.

При запуске на расчет в программе выполняется проверка на полноту введенных данных. При отсутствии данного хотя бы в одном из полей ввода выводится сообщение о неполноте введенных данных и расчет не производится.

Использование программы гидродинамического расчета движения газожидкостной смеси в скважине по методикам Поэтмана – Карпентера и Крылова – Лутошкина будет способствовать освоению этих методик.