

7. Миронова Ю.Н. Использование современных компьютерных технологий при чтении лекций по высшей математике // II Международный форум по педагогическому образованию. Программа форума: Программа и тезисы II Международного форума по педагогическому образованию, Казань, Казанский федеральный университет, 19-21 мая 2016г. – Казань: Куранты, 2016. – С. 288-289.

**УДК 004.9:622.276**

**Р.Х. Низаев<sup>1</sup>, Ю.Л. Егорова<sup>1</sup>, Г.В.Александров<sup>2</sup>,**

*<sup>1</sup>Альметьевский нефтяной институт, г. Альметьевск*

*<sup>2</sup>Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»*

*им. В. Д. Шашина, г. Бугульма*

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Аннотация.** Перечислены используемые в нефтяной промышленности программные продукты общего и специального узкоотраслевого назначения. Приведены примеры программ узкоотраслевого назначения, используемых при моделировании разработки нефтяных месторождений. Приведён пример взаимодействия программных продуктов.

**Ключевые слова:** информационные технологии; программы общего назначения; программы узкоотраслевого назначения; программный комплекс, гидродинамическое моделирование; термогидродинамический симулятор; коэффициент нефтеизвлечения залежи (КИН); аналитическая зависимость; величина достоверности аппроксимации.

В нефтяной промышленности России всё шире применяются цифровые информационные технологии. В процессе работы с электронной вычислительной техникой используются как программы общего назначения (например, программы пакета Microsoft Office: Word, Excel, PowerPoint, Outlook, программные пакеты векторной и растровой графики: CorelDraw,

Inkscape, Adobe Photoshop, Gimp), так и специальные узкоотраслевые программы, которые находят практическое применение исключительно в нефтяной промышленности. Так, в области гидродинамического моделирования разработки нефтяных месторождений широко используется программный комплекс гидродинамического моделирования Tempest More компании Roxar.

В последнее время в нефтяной промышленности Республики Татарстан и других регионов России большое внимание уделяется проблеме разработки залежей высоковязкой нефти. Малоподвижность высоковязкой нефти обуславливает применение тепловых методов при разработке их залежей. При построении гидродинамических моделей разработки–с применением тепловых методов используется термогидродинамический симулятор STARS программного комплекса CMG компании Computer Modelling Group.

Основной математический аппарат, аналитически описывающий процессы фильтрации флюидов в пласте и заложенный в основу программных комплексов гидродинамического моделирования, детально описан в работе [1]. Однако в термогидродинамических симуляторах, и в частности в симуляторе STARS, уравнения, описывающие процессы фильтрации в пласте нефти, газа и воды, дополняются системой уравнений, описывающих процессы генерации и переноса тепла [2].

В термогидродинамическом симуляторе STARS были проведены расчёты технологических показателей разработки залежей высоковязкой нефти с различными геолого-физическими характеристиками и свойствами пластовой нефти с применением внутрипластового горения, инициируемого закачкой воздуха в нефтеносные залежи [3, 4]. Значения геолого-физических характеристик рассматриваемых залежей, которые изменялись при проведении расчётов, и полученные в результате расчётов значения коэффициентов нефтеизвлечения залежей (КИН) – отношения количества добытой нефти к начальному количеству нефти в залежи приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры нефтеносного объекта и значения коэффициента нефтеизвлечения (КИН), рассчитанные по модели.

Параметры нефтеносного объекта			Значение КИН, рассчитанное по моде- ли
Глубина залегания, м	Вязкость нефти, мПа·с	Нефтенасыщенность	
80	1271,4	0,4	0,79
80	1271,4	0,6	0,82
80	1271,4	0,8	0,83
80	3449,2	0,4	0,77
80	3449,2	0,6	0,81
80	3449,2	0,8	0,82
1239,5	354,9	0,4	0,8
1239,5	354,9	0,6	0,82
1239,5	354,9	0,8	0,88
1239,5	894,1	0,4	0,77
1239,5	894,1	0,6	0,8
1239,5	894,1	0,8	0,87

На основе полученных в результате расчётов значений КИН залежей нефти путём применения метода наименьших квадратов в редакторе электронных таблиц Microsoft Excel, имеющем в своём арсенале широкий набор инструментов для обработки числовой информации, были построены аналитические зависимости полиномиального и степенного типа, с помощью которых возможно определение максимально достижимых значений КИН залежей нефти при их разработке с помощью внутрипластового горения в зависимости от глубины залегания нефтеносного объекта, вязкости нефти в пластовых условиях, начальной нефтенасыщенности пласта. Уравнения полученных зависимостей значений КИН залежи полиномиального и степенного типов, значения величины достоверности аппроксимации, графики полученных зависимостей и значения КИН, полученные путём расчёта в симуляторе STARS, приведены на рисунке 1. При расчётах

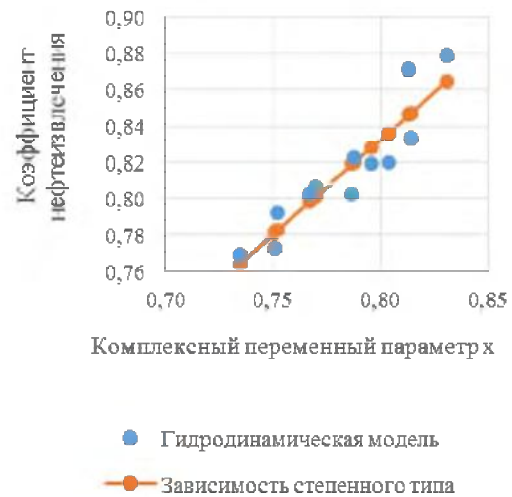
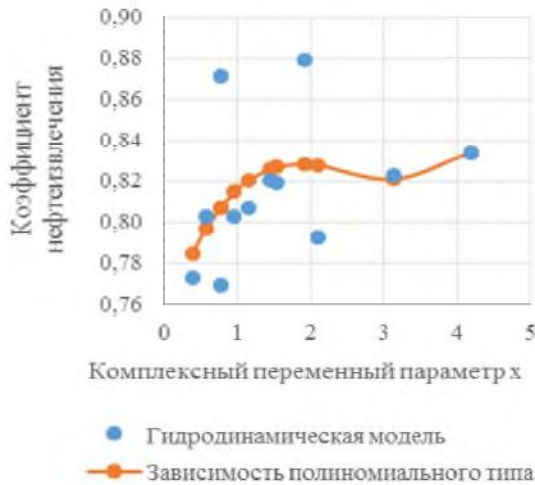
значений КИН по зависимости полиномиального типа величина достоверности аппроксимации  $R^2$  оказалась равной 0,1913, при расчётах по зависимости степенного типа – 0,8487.

$$КИН = 0,00542x^3 - 0,04194x^2 + 0,100095x + 0,75223;$$

$$x = \frac{1,78 \cdot 10^5 \cdot S}{\mu \cdot h^{0,75}}; R^2 = 0,1913$$

$$КИН = 1,0409 \cdot x,$$

$$x = \frac{S^{0,1148}}{\mu^{0,0231} \cdot h^{0,0034}}; R^2 = 0,8487$$



а) по зависимости полиномиального типа. Б) по зависимости степенного типа.

Рис. 1. Сопоставление значений КИН, рассчитанных по гидродинамической модели и по полученным зависимостям полиномиального (а) и степенного (б) типов

Выводы:

1. В настоящее время в нефтяной промышленности широко используются современные информационные технологии. Среди используемых компьютерных программ имеются программные продукты как общего, так и специального узкоотраслевого назначения. Между всеми используемыми программными продуктами происходит обмен результатами обработки информации.

2. Наилучшее приближение максимально достижимых значений КИН, рассчитанных по аналитической зависимости, к значениям КИН, полученным путём расчёта на цифровой фильтрационной модели, обеспечивается при использовании для аналитических расчётов зависимости степенного типа

## ЛИТЕРАТУРА

1. Низаев Р.Х., Александров Г.В. Опыт применения математического моделирования при проектировании разработки нефтяных месторождений // Физико-математическое образование: проблемы и перспективы : материалы Всерос. науч.-метод. конф., посвящ. 60-летнему юбилею физ.-мат. факультета / Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Елабужский ин-т. – Елабуга, 2013. – С. 119-122.

2. Varavey A. Development of an Equation-of-State Thermal Flooding Simulator : Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. – Austin : The University of Texas at Austin, 2009. – 344 p.

3. Низаев Р.Х., Александров Г.В. Моделирование внутрипластовых процессов при нагнетании воздуха на залежах нефти с различными геолого-физическими характеристиками // Георесурсы –2016. –Т.18.– № 1. –С. 51-54.

4. Низаев Р.Х., Александров Г.В. Совершенствование технологии разработки залежей высоковязкой и сверхвязкой нефти иницированием внутрипластового горения по результатам расчётов на цифровых фильтрационных моделях // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 4. – С. 84-90.

УДК 378.14:004.3

*А.А. Нуреева, Э.З. Галимуллина,  
Елабужский институт КФУ, г. Елабуга*

## ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается роль дистанционного обучения в современной системе образования. Приводится обзор и сравнительный анализ наиболее распространенных и популярных систем дистанционного обучения, а также выделены некоторые критерии отбора системы дистанционного обучения для более эффективной и продуктивной работы при создании дистанционного курса. На основе выделенных критериев проведен сравнительный анализ возможностей наиболее популярных систем дистанционного обучения eLearning Server и Moodle.