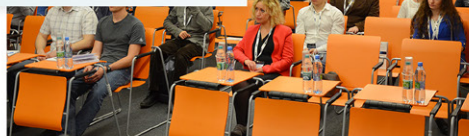
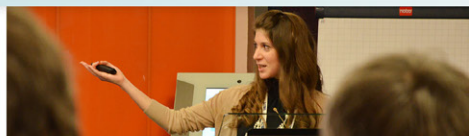


**smit**

28-29 АПРЕЛЯ 2016  
ИТ-ПАРК, КАЗАНЬ, РОССИЯ

# SMIT 2016

**VIII** | СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ  
МОДЕЛИРОВАНИЮ  
И ИНФОРМАЦИОННЫМ  
ТЕХНОЛОГИЯМ



КОМИТЕТ .....	8
ПОВЕСТКА ДНЯ .....	9
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ.....	10
1. Евгений Копытов «Возможности выделения окаймляющей зоны по данным ВЭМКЗ и БК» .....	10
2. Дарья Литвиченко «Кажущаяся диэлектрическая проницаемость по данным ВЭМКЗ в контрастных гео-электрических моделях» .....	11
3. Сергей Нагавкин «Методы, алгоритмы и программное обеспечение управления процессом добычи нефти на основе нейронного моделирования» .....	12
4. Павел Смирнов «Программный модуль chemical_dif_solution».....	13
5. Ильдар Канафин «Автоматизированная обработка температурных данных, полученных на модели скважины для изучения заколонных перетоков».....	14
6. Юлия Кондрашова «Моделирование эффективности гидроразрыва пласта с помощью метода создания дополнительных соединений» .....	15
7. Денис Николаев «Двухмерное моделирование данных электрозондирований на примере мельничного месторождения высоковязких нефтей» .....	16
8. Наиль Файзуллин «Расчет распределения давления и температуры в газовых скважинах» .....	17
9. Владимир Черняховский «Сравнение дроссельного и частотного регулирования рабочих параметров двигателей насосов котельной в среде Matlab simulink» .....	18
10. Азат Бурханов «Оценка пористости пород в сложном карбонатном разрезе московского яруса аллохтонных отложений вуктыльского ГКМ» .....	19
11. Владислав Курочкин «Применение хэш-функций для схемы разделения секрета, основанной на латинском квадрате» .....	20
12. Сергей Дуркин «Разработка математической модели скважины, дренирующей трещиновато-пористый коллектор» .....	21
13. Руслан Акчуринов «Определение равновесной температуры горных пород по неустановившейся температуре после бурения скважины» .....	22
14. Амир Бакиров «Визуальное 3D моделирование процесса нефтедобычи» .....	23
15. Станислав Епифанов «Высокоточное устройство для анализа прочностных и коррозионных характеристик элементов трубопровода методом голографической интерферометрии» .....	24

16. Илья Корчагин «Автоматическое обнаружение фактов структурного редактирования цифрового изображения» .....	25
17. Маргарита Морозова «Прикладная кодовая реализация стандартных схем программ» .....	26
18. Марсель Хамиев «Возможность применения секторной аппаратуры ИНК для оценки угла наклона трещины ГРП» .....	27
19. Роберт Ахметшин «Кодовое модельное представление распределенной системы на примере проверки больших чисел на простоту» .....	28
20. Игорь Сапожников «Стеганография в мобильных устройствах» .....	29
21. Маргарита Фазлыева «Выделение участков с наилучшими коллекторскими свойствами на основе данных каротажа на примере пласта БВ – 8 самотлорского месторождения» .....	30
22. Артур Фаттахов «Рентгеновская компьютерная томография как основа для интерпретции данных ядерно-магнитного резонанса при исследовании полноразмерного керна» .....	31
23. Абдулазиз Халилов «Адаптация геолого-гидродинамической модели ГКМ ПОМУР с учетом тектонических нарушений и слоистой неоднородности пласта» .....	32
24. Ренат Хакимуллин «Программно-аппаратный комплекс захвата движения человека на основе инерциальных датчиков» .....	33
25. Лилия Спирина «Нейросетевой программный комплекс для автоматического распознавания образов» .....	34
26. Руслан Гайфутдинов «Вопросы геолого-геофизической интерпретации данных фильтрационных акустических шумов в коллекторах нефти и газа» .....	36
27. Карина Гимранова «Моделирование PVT свойств пластовых флюидов. Приложение PVT модели» .....	37
28. Аюпов Амир «Влияние изменения геометрии горизонтально ствола скважины на гидродинамические условия движения флюидов» .....	38
МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ .....	40
ПАРТНЕРЫ .....	41







## **СМИТ** — СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Целью конференции является обмен передовым опытом в области моделирования физических процессов и внедрения новых математических методов обработки сигналов.

На протяжении шести лет организатором СМИТ является TGT Oilfield Services, международная компания, оказывающая услуги в нефтегазовой отрасли.

Участникам конференции предоставляется 15 минут для устного изложения основных положений своих исследований. Лучшие работы публикуются в рецензируемых научных журналах, а лауреатам конференции предоставляется годовой контракт на работу в компании TGT Oilfield Services и ценные призы.



ДАВЫДОВ Д.А.	Генеральный директор, ООО «ТГТ Прайм»	Председатель
ГЛАДКИЙ М.И.	Заместитель генерального директора, ООО «ТГТ Прайм»	Сопредседатель
АРБУЗОВ А.А.	к. ф.-м. н. Руководитель департамента НИОКР, ООО «ТГТ Прайм»	Секретарь
КОБЕЛЯНСКАЯ Я.С.	Руководитель центра обучения «Прайм Колледж»	Руководитель организационного комитета
СЕМЕРИКОВ В.Е.	Заместитель директора по общим вопросам, ООО «ТГТ Прайм»	Член программного комитета
ЧИСТЯКОВ Д.В.	к. ф.-м. н. Научный консультант ООО «ТГТ Прайм», Казань	Член программного комитета
ПРОФ. НЕПРИМЕРОВ Н.Н.	Казанский федеральный университет	Почетный член программного комитета
ПРОФ. МУСЛИМОВ Р. Х.	Казанский федеральный университет	Почетный член программного комитета
ПРОФ. САЛАМАТИН А.Н.	Научный консультант, ООО «ТГТ Прайм», Казанский федеральный университет	Член программного комитета
БОЧКАРЕВ В.В.	Научный консультант, ООО «ТГТ Прайм», Казанский федеральный университет	Член программного комитета
ЛЕРНЕР Э.Ю.	Научный консультант, ООО «ТГТ Прайм», Казанский федеральный университет	Член программного комитета
ЛОБАЧЕВА А.М.	Программный координатор, «Прайм Колледж»	Член организационного комитета

## APRIL 28, 2016



- 10:00 – 10:45** Регистрация участников  
**10:45 – 11:00** Торжественное открытие конференции  
**11:00 – 12:30** Работа секции: *Разработка и Моделирование Нефтегазовых Месторождений*  
**12:30 – 13:30** ОБЕД



- 13:30 – 14:45** Работа секции: *Разработка и Моделирование Нефтегазовых Месторождений*  
**14:45 – 15:00** КОФЕ-БРЕЙК  
**15:00 – 16:00** Интеллектуальная игра «Сто к Одному»  
**16:00 – 18:30** Экскурсия по Казани

## APRIL 29, 2016



- 10:00 – 10:45** Регистрация участников  
**10:45 – 11:00** Открытие второго дня конференции  
**11:00 – 12:00** Работа секции: *Геофизические Исследования Скважин*  
**12:00 – 12:30** Работа секции: *Математическое моделирование*  
**12:30 – 13:30** ОБЕД

- 13:30 – 13:45** Работа секции: *Математическое моделирование*  
**13:45 – 14:30** Работа секции: *Проектирование и внедрение систем цифровой обработки сигналов*  
**15:15 – 16:00** ЭКСКУРСИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ЦЕНТРУ ТГТ  
**16:00 – 16:30** Награждение лауреатов конференции.  
 Закрытие конференции



## ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОКАЙМЛЯЮЩЕЙ ЗОНЫ ПО ДАНЫМ ВЭМКЗ И БК

■ ЕВГЕНИЙ КОПЫТОВ

Одной из часто встречающихся при интерпретации данных каротажа проблем является эквивалентность удельного электрического сопротивления (УЭС) нефтеводонасыщенных коллекторов и пористых пород, промытых техногенной жидкостью. В качестве «индикатора обстановки» обычно используется факт наличия окаймляющей зоны (ОЗ) в первом случае и ее отсутствия – во втором.

В работе производится сравнение результатов численного моделирования сигналов бокового каротажа и высокочастотного электромагнитного каротажа (двойной БК и ВЭМКЗ-20, применяемые в комплексах производства ЗАО НПП ГА «Луч» – СКЛ-А-102, СКЛ-А-160, СКЛ-76) в одномерных радиально-слоистых моделях коллектора, с целью выявить, какой из методов позволяет наиболее эффективно определять наличие ОЗ. При решении прямой задачи ВЭМКЗ и БК с помощью программ «ALVIK» [1] и «AlondraWL» [2] вычислены зависимости кажущегося УЭС от УЭС ОЗ и ее положения для нескольких характерных моделей среды. Проведена оценка степени влияния на сигналы БК и ВЭМКЗ погрешности измерения значений УЭС бурового раствора и радиуса скважины.

На основе практических данных каротажа скважины 12513 Федоровской площади и двумерного моделирования данных БК с помощью программы «AlondraWL» показана недостаточность данных БК СКЛ для выделения ОЗ. По комплексу данных ГИС выбраны два интервала коллекторов с ОЗ, их геоэлектрическая модель установлена численной инверсией практических данных ВЭМКЗ и бокового каротажного зондирования. Для полученных моделей рассчитаны сигналы БК, которые были подвергнуты инверсии с определением параметров модели, включающей только зону проникновения и пласт. Исходные и подобранные сигналы БК в моделях с ОЗ и без нее различаются между собой на величину, вдвое меньшую погрешности измерения. Верификация результата проведена с помощью двумерного моделирования.

## КАЖУЩАЯСЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПО ДАНЫМ ВЭМКЗ В КОНТРАСТНЫХ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

■ ДАРЬЯ ЛИТВИЧЕНКО

Одно из электрических свойств материала, которое может влиять на данные электромагнитного каротажа, особенно при высоком удельном электрическом сопротивлении пород – диэлектрическая проницаемость. Цель работы заключается в исследовании особенностей трансформаций сигналов электромагнитного каротажа в кажущееся сопротивление и в кажущуюся диэлектрическую проницаемость, которые вычисляются по измерениям разности фаз и отношений амплитуд. Эти трансформации традиционно вычисляются в приближении однородной среды и в том числе используются в автоматизированной системе инверсии EMF Pro [1, 2], разработанной для численной интерпретации данных скважинной электростратиграфии, измеряемых аппаратным комплексом СКЛ.

Такое исследование необходимо для того, чтобы проанализировать отклонения значений трансформаций по однородной среде от исходных параметров модели со скважиной и зоной проникновения, а также модели с горизонтальными границами. Первым этапом исследовались трансформации сигналов, рассчитанные в моделях сред с единичной относительной диэлектрической проницаемостью, вторым – с диэлектрической проницаемостью равной 15 и 50 единиц. Рассматривались такие модели, как «однородное пространство + скважина», «однородное пространство + скважина + зона проникновения», «пласт конечной мощности без зоны проникновения и скважины» и «пласт конечной мощности + зоной проникновения + скважина». В результате проведенного анализа сделан вывод о необходимости расчета значений относительной диэлектрической проницаемости в геоэлектрических моделях, сопоставимых по сложности строения геологической среде, вскрытой скважиной. Трансформация по модели однородной среды сильно отличается от модельного значения во всех моделях с высоким контрастом УЭС раствора и пласта, а также при наличии зоны проникновения и близости горизонтальной границы между пластами. Трансформация может использоваться при контрастах УЭС раствора и пласта 10 – 200 и в середине однородных пластов толщиной не менее чем 1,9 длин зонда.

## МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

■ СЕРГЕЙ НАГАВКИН  
(СОАВТОР: ШИРОКОВ ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ)

В работе рассматривается проблема повышения эффективности нефтегазодобывающего производственного процесса. Эффективная разработка нефтегазовых месторождений невозможна без полного и всестороннего моделирования процессов, происходящих в эксплуатируемом пласте - коллекторе. К числу наиболее важных задач моделирования относятся прогноз величин дебитов нефтяных скважин.

Предлагается решение поставленной проблемы за счет применения нейросетового имитационного моделирования. Нефтяные месторождения и подземные гидрогеологические объекты рассматриваются как объекты мониторинга, оперативного геологопромыслового анализа и прогноза. Проведен анализ существующих программных средств, предназначенных для решения задач математического моделирования, и проанализированы методики построения цифровых геологических и гидродинамических моделей. Для решения широкого класса задач нефтепромысловой геологии, прежде всего задач оперативного прогноза технологических показателей нефтедобычи, разработан новый подход, основанный на нейросетовых методах имитационного моделирования.

Разработана нейронная сеть, моделирующая работу нефтяного месторождения. На основе разработанной нейросети решена задача прогноза среднесуточного дебита скважин. Проведена оптимизация добычи нефти из условия максимизации добычи нефти при постоянном объеме закачиваемой жидкости. Расчеты проведены для «куста» скважин, состоящего из одной добывающей и двух нагнетательных скважин.

## ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ CHEMICAL\_DIF\_SOLUTION

■ ПАВЕЛ СМИРНОВ

Модернизация производства синтетического каучука невозможна без разработки и применения методов математического моделирования, поскольку именно они позволяют перейти от химических процессов к математическому описанию и, в дальнейшем, к решению прямой и обратной кинетических задач. В связи с этим, возникает задача создания собственного программного обеспечения, автоматизирующего переход от схем сложной реакции к математическим выражениям.

Переходя от кинетической модели процесса полимеризации к математическому описанию, необходимо выявить все возможные законы, которым подчиняются реагенты, присутствующие в каталитической системе. Эти законы, представляющие собой набор элементарных стадий, есть кинетическая схема процесса[1]. Программное обеспечение ChemicalDifSolution предназначено для проведения вычислительных экспериментов по решению прямой кинетической задач процессов ионно-координационной полимеризации веществных, однако оно также может быть использовано не только для рассмотренного процесса, но и для произвольных процессов, проходящих в изотермическом режиме, в том числе процессов обрывной, радикальной полимеризации, а также процессов сополимеризации мономеров.

В работе был создан алгоритм и программное обеспечение, решающее задачу определения концентраций полимерных цепей с большим числом звеньев. При этом количество уравнений в системе, описывающей процесс, ограничивается лишь доступной оперативной памятью. Результатами вычислительного эксперимента являются концентрации всех участвующих в процессе реагентов, распределенные по времени.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА МОДЕЛИ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОЛОННЫХ ПЕРЕТОКОВ

■ ИЛЬДАР КАНАФИН

(СОАВТОРЫ: РАМИЛЬ ШАРАФУТДИНОВ, ВЛАДИМИР ФЕДОТОВ)

На сегодняшний день остается актуальной проблема выделения заколонных перетоков и их ликвидация, которая сложно решается существующими методами при контроле технического состояния скважин. Наиболее эффективным методом решения данной задачи является термометрия.

На кафедре геофизики БашГУ была сконструирована модель скважины с имитацией заколонных перетоков. Установка позволяет моделировать заколонные перетоки как по всему сечению, так и по отдельным каналам. Регистрация температуры в модели осуществляется в программе LabView2011, которая создает текстовый файл с данными. В указанной программе график температуры строится в зависимости от времени, нет возможности просмотреть весь цикл измерений. Нам же необходимо анализировать данные в зависимости от расположения датчиков температуры в модели в различные моменты времени. И в результате каждого проведенного эксперимента образуется очень большой объем данных, на обработку которого требуется значительное время. В связи с этим стояла острая потребность в автоматизации данного процесса. На языке Delphi было реализовано программное обеспечение, которое позволяет моментально получать распределение температурного поля в модели. Отличительной особенностью продукта является анимационная визуализация темпа изменения температуры в различных сечениях, уровнях, а также по азимутальному распределению датчиков.

Данная программа позволила детально изучить распределение температурного поля в модели и существенно сократить время на обработку экспериментальных данных.

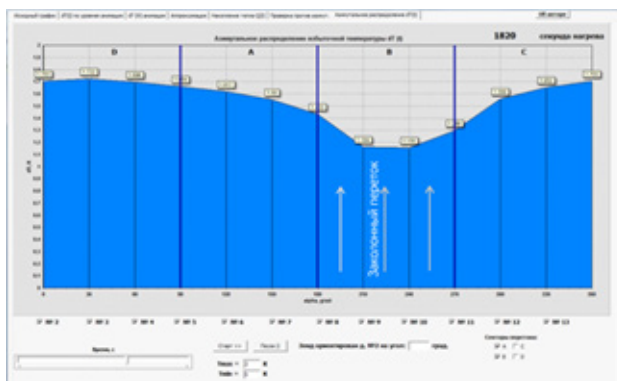


Рис. 1. Интерфейс программного обеспечения.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СОЗДАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

■ ЮЛИЯ КОНДРАШОВА

Эффекты гидроразрыва пласта при моделировании играют ключевую роль при определении фильтрационных потоков, происходящих в пласте, при прогнозировании основных показателей разработки. На сегодняшний день практика массового ГРП в низкопроницаемых коллекторах приобретает все большую актуальность [1].

Известно много способов моделирования эффектов ГРП: локальное измельчение сетки - LGR (явный метод), использование отрицательных скин-факторов, специальных корреляций; а также вычисление и использование модифицированных коэффициентов «пласт-скважина», о котором и будет рассказано в данной работе (метод дополнительных соединений). Данный метод как раз применим для большеобъемного ГРП с размером полудлины трещины ГРП, превышающим размеры расчетных ячеек.

Как известно, трещина в продольном сечении представляет собой вытянутый эллипс, и приток к эллипсу можно представить аналогично формуле Дююи. С другой стороны, дебит скважины можно определить, используя формулу Писмана (для трещины, вскрывающей несколько ячеек-стоков). Для нахождения коэффициентов соединения или множителей проницаемостей были рассмотрены различные структуры эллипсов для разных размеров расчетных ячеек и параметров трещины. Были рассчитаны отношения соответствующих длин дуг эллипсов - доли притоков, определены коэффициенты соединения.

На основе данной теории была составлена программа. В диалоговом окне программы пользователь задает такие параметры трещины, ее высота, интервалы перфорации, размеры ячеек и скважину, на которой необходимо произвести ГРП. На выходе получаем файл, который необходимо включить в программное обеспечение по геологическому и гидродинамическому моделированию (Eclipse). Также метод дополнительных соединений был сравнен с другими способами моделирования эффектов ГРП: LGR, «HydrFrac» (Petrel), но именно МДС показал наиболее достоверные результаты по дебиту. Кроме того, ключевым преимуществом данного метода является возможность изменения параметров трещины без модификации геометрии сетки, что делает его очень удобным при решении оптимизационных задач: как размеры трещины влияют на показатели разработки с массовым ГРП.



## ДВУХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕЛЬНИЧНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

■ ДЕНИС НИКОЛАЕВ

Для создания геоэлектрической модели была произведена обработка данных ГИС на территории Мельничного месторождения. На основе слоистости и типов опытных кривых дипольного электротзондирования с измерением вызванной поляризации (ДЭЗ-ВП), полученных на территории объекта, произведена генерализация данных каротажа сопротивлений: кажущегося сопротивления (КС).

По генерализованным кривым КС определены мощности и средние удельные электрические сопротивления геоэлектрических комплексов. Исходя из полученных мощностей геоэлектрических комплексов и средних значений удельного электрического сопротивления по отдельным профилям с использованием программы ZondRes2D [4] решена прямая задача, построены кривые и разрезы зависимости кажущегося сопротивления от разности  $r_k(r)$ .

Модельные кривые полученные над высокоомным битумным пластом и кривые законтурной части отличаются как по типу так и по слоистости. Вне контура на модельных кривых  $r_k$  можно выделить 4 геоэлектрических слоя, составляющих разрез типа «К». Над залежью правая часть кривой поднимается в область повышенных значений  $r_k$  [1,2]. При этом, влияние 2-го и 3-го промежуточных слоев на форму кривой становится минимальным, и кривая приобретает двухслойный вид.

Поскольку минимальный разнос установки составлял 50 м в модели не учитывалось влияние приповерхностной высокоомной пачки верхнеказанских известняков, которые не выдержаны на всей площади месторождения [3]. На практике же наличие приповерхностного высокоомного слоя сказывается на разрезе  $r_k(r)$ . Полевые кривые вне контура приобретают вид «НК» при наличии высокоомного приповерхностного пласта, и «К» - в его отсутствии. Над залежью были получены кривые  $r_k$  двухслойного типа в отсутствие известняков верхнеказанского яруса и кривые типа «Н» при наличии. В целом результаты моделирования показали что наличие или отсутствие высокоомного битумного пласта сказывается не только на количественных характеристиках геоэлектрического разреза, но и на качественных (типе и форме кривых  $r_k$ ). Что показывает эффективность применения ДЭЗ при решении разведки и поисков высоковязких нефтей.

## РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

■ НАИЛЬ ФАЙЗУЛЛИН  
(СОАВТОРЫ: АЙРАТ РАМАЗАНОВ)

Технологический режим работы газовой скважины определяется термодинамическими условиями фильтрации газа в пласте и условиями движения газа в скважине при теплообмене с окружающими горными породами. Для прогнозирования технологических режимов эксплуатации газовых скважин необходимо исследовать гидродинамику и термодинамику сложной механической системы, состоящей из взаимосвязанных элементов: газа, пласта и потока газа по скважине, самой скважины и расположенной вокруг нее горной породы.

Для моделирования термогидродинамических процессов при плоскорадиальной фильтрации в горизонтальном пористом пласте решается следующая система уравнений неизотермической фильтрации газа, пористая среда считается неподвижной и жесткой, фазовые переходы отсутствуют.

$$\begin{cases} \frac{\partial(m\rho)}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r\rho v) = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\mu}{k} v + \beta \frac{\rho}{\sqrt{k}} v^2 \\ \frac{\partial}{\partial t}[m\rho h + (1-m)\rho_* c_* T] + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r\rho h v) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r\lambda \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{\partial(m\rho)}{\partial t} \end{cases}$$

где

$m$  – пористость, доли ед.,

$v$  – скорость фильтрации, м/с,

$\rho_{sk}$  – плотность скелета пористой среды, кг/м<sup>3</sup>,

$c_{sk}$  – удельная (на ед. массы) теплоемкость скелета, Дж/(кг·К),

$h$  – удельная (на ед. массы) энтальпия, Дж/кг,

$\lambda$  – теплопроводность насыщенной пористой среды, Вт/(м·К),

$T$  – температура, К.

Здесь первое уравнение описывает баланс масс, второе уравнение является законом движения (Дарси-Форхгеймера), третье – уравнением баланса энергии. К ним добавляется уравнение состояния газа и другие замыкающие соотношения. Нелинейная система уравнений решается численно относительно  $p(r,t)$ ,  $T(r,t)$  и  $u(r,t)$ . В докладе обсуждаются алгоритм численного решения и результаты исследования модели.

## СРАВНЕНИЕ ДРОССЕЛЬНОГО И ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСОВ КОТЕЛЬНОЙ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

■ ВЛАДИМИР ЧЕРНЯХОВСКИЙ  
(СОАВТОРЫ: РУШАНА ГУМЕРОВА)

Объектом исследования является котельная комбината автомобильных фургонов с тепловой мощностью  $W=16,1$  МВт и расчетной электрической мощностью  $P_{расч}=241$  кВт.

Использование асинхронных двигателей насосов с короткозамкнутым ротором имеет существенный недостаток: скорость вращения ротора не зависит от нагрузки на валу. При регулировании режима работы насосов дросселированием возможно нежелательное увеличение потребляемой мощности. Это явление хорошо иллюстрирует напорная (рабочая) характеристика насоса при смещении рабочей точки, когда напор системы уменьшается задвижкой (дросселем). Рабочая точка «скользит» по напорной характеристике. Применение частотного преобразователя способствует изменению частоты вращения вала двигателя и, как следствие, производительности насоса  $Q$  ( $m^3/час$ ). Данный вариант регулирования замечателен тем, что он способен сместить напорную характеристику насоса и пропорционально  $Q$ - $P$  характеристику потребляемой мощности. Таким образом при уменьшении напора  $H$  (м. вод. ст.) наблюдается снижение потребляемой активной мощности  $P$  (кВт/ч), а не увеличение, как в случае с дроссельным регулированием. Рабочая точка смещается вместе с напорной характеристикой.

Котельная содержит 9 типов двигателей, различных по режиму работы. Входным параметром математической модели является внешняя температура, в зависимости от которой меняется температура воды в подающем трубопроводе и величина напора  $H$ . Полиномиально заданы  $Q$ - $H$  и  $Q$ - $P$  характеристики насосов для режима дросселирования и частотного регулирования двигателей. Созданы блоки логики, задающие работу насосам в зависимости от температуры окружающей среды.

На выходе модели представлены графики нарастания потребления полной  $S$  (кВА/ч), реактивной  $Q$  (кВАр/ч) и активной  $P$  (кВт/ч) мощностей в исследуемых режимах. Также модель предоставляет данные о доле от общего потребления активной мощности предприятия в % в режимах частотного преобразования и дросселирования. Модель может быть применена к расчету стоимости потребленной электроэнергии согласно действующему тарифу. В ходе эксперимента указанная доля составила ~2,5 %, а экономическая выгода ~50 руб/день.

## ОЦЕНКА ПОРИСТОСТИ ПОРОД В СЛОЖНОМ КАРБОНАТНОМ РАЗРЕЗЕ МОСКОВСКОГО ЯРУСА АЛЛОХТОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВУКТЫЛЬСКОГО ГКМ

■ АЗАТ БУРХАНОВ

В ходе данной исследовательской работы изучались породы аллохтонных отложений московского яруса. Исследуемые отложения сложены известняками, доломитами и их переходными разностями.

Отличительной чертой изучаемых пород является их неоднородность по пористости и проницаемости. По пустотному пространству отложения являются смешанными. Помимо пород с межзерновой пористостью встречаются трещиноватые и кавернозные типы.

По данным исследований керна был определен средний состав пород: содержание доломита – 60%, кальцита – 37,7%, в меньшем количестве присутствуют ангидрит, битум и нерастворимый остаток. Анализ результатов петрофизических исследований выявил, что пористость полноразмерного керна несколько выше, чем у стандартного образца, что свидетельствует о наличии каверн и трещин. Сопоставление коэффициентов остаточной водонасыщенности с величинами пористости характеризуется большим разбросом, что подтверждает сложность состава, физико-химических свойств и структуры емкостного пространства изучаемых пород.

Интерпретация данных ГИС осуществлена с применением программного комплекса «Камертон». Коэффициент пористости был оценен в результате индивидуальной интерпретации нейтронного и акустического методов, а также при расчете объемной модели по комплексу АК – НГК. По причинам ограниченности комплекса ГИС и сложности изучаемого разреза была опробована кластеризация выделенных пластов. Исходными данными послужили показания методов ГК, НГК, АК и БК. Идентификация классов проводилась с привлечением данных литолого-петрофизических исследований. В результате было выделено 4 класса пород: плотные доломитизированные известняки, пористые доломитизированные известняки, трещиноватые известняки и глинистые известняки. Кластеризация позволила уточнить состав и пористость изучаемых пород.

## ПРИМЕНЕНИЕ ХЭШ-ФУНКЦИЙ ДЛЯ СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА, ОСНОВАННОЙ НА ЛАТИНСКОМ КВАДРАТЕ

■ ВЛАДИСЛАВ КУРОЧКИН  
(СОАВТОР: АНДРОСОВА ТАТЬЯНА)

Для защиты секретной информации от потери и компрометации необходимо повысить надежность хранения секретной информации. Для повышения надежности хранения секретной информации можно использовать разделение секретных данных между участниками некоторой группы.

Очень важно эффективно организовать способ разделения секрета. Однако то, каким образом представить разделенный секрет, важно не меньше. Ведь если нам удастся узнать секрет полным перебором, то тогда мы сможем обойти схему разделения секрета и будет не важно, насколько она хороша. Желательно также сделать секрет одновременно и коротким, и сложным для обнаружения. Подходящим решением для реализации такой схемы может послужить латинский квадрат. Можно даже сделать более эффективно: вместо полного латинского квадрата раздать участникам части его критического множества.

В литературе описаны схемы разделения секрета, основанные на латинском квадрате и его критических множествах. Но у них есть некоторые недостатки:

1) В [1] схема не является совершенной, то есть каждая часть участника содержит долю информации о секрете.

2) В [2] схема является совершенной, но не является ни идеальной, ни универсальной. Каждому участнику необходимо иметь свою уникальную часть для того, чтобы быть в составе той санкционированной группы, к которой он принадлежит.

Для того, чтобы преодолеть вышеупомянутые ограничения латинских квадратов в схемах разделения секрета, мы хотим предложить способ применения криптографических хэш-функций и технику «подгона» хэш-значения к таким схемам. Вначале мы будем использовать хэш-функцию для сохранения частичного латинского квадрата. Затем мы построим идеальную, совершенную  $(t+1, n)$  пороговую схему, основанную на применении техники «подгона» хэш-значения и атаки Нострадамуса к итеративным хэш-функциям. И наконец, будем использовать две хэш-функции для формирования поддающейся проверке схемы разделения секрета. Таким образом безопасность новообразованной схемы будет серьезно улучшена.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СКВАЖИНЫ, ДРЕНИРУЮЩЕЙ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫЙ КОЛЛЕКТОР

■ СЕРГЕЙ ДУРКИН

Разработка неоднородных залежей нефти и газа в настоящее время приобретает наибольшую актуальность в связи с увеличением доли месторождений углеводородов с данными коллекторами. В настоящее время промысловые и лабораторные методы изучения трещиноватости горных пород значительно улучшились. Современные геофизические исследования скважин позволяют отчетливо представить строение неоднородного продуктивного пласта. Лабораторные исследования также постоянно совершенствуются.

Развитие инструментальных методов изучения трещиноватости несомненно также приводит к совершенствованию подходов математического моделирования. Наиболее распространенной и применяемой на практике моделью являются модели двойной пористости и двойной проницаемости. Данный подход основан на концепции «вложенных сред», обоснованной трудами Баренблатта и других отечественных ученых. В западной литературе данный подход носит название модели Уоррена-Рутта. Однако в настоящее время рядом зарубежных исследователей представлен подход применения моделей, основанных на реалистичном представлении распространения трещиноватости в массиве пласта коллектора. Такие модели нашли отражение в трудах авторов [1, 2, 3].

Тем не менее разработанные подходы чаще применяются для всего пласта, а не для скважины в отдельности. Таким образом в работе на основе сопоставления различных математических моделей скважин, применяемых в коммерческих гидродинамических симуляторах, разработана математическая модель скважины, дренирующей трещиновато-пористый коллектор. Для реализации модели была использована принципиально новая схема притока флюида к скважине как по матричным, так и по трещинным блокам. Для решения системы нелинейных уравнений на каждом временном шаге были использованы метод Ньютона, а на каждой ньютоновской итерации метод неполного Гауссова исключения с подключением функции ORTHOMIN. Реализация численной модели позволила выявить как линейный так и билинейный режим фильтрации, характерные для трещиновато-пористых коллекторов.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРНЫХ ПОРОД ПО НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ ТЕМПЕРАТУРЕ ПОСЛЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ

■ РУСЛАН АКЧУРИН  
(СОАВТОРЫ: АЙРАТ РАМАЗАНОВ)

Одним из эффективных методов исследования Земли и решения практических задач геофизики является термометрия. Для наиболее эффективного использования термометрии необходимо знание параметров естественного геотермического поля Земли. Бурение искажает геотермическое поле и для восстановления естественного теплового поля Земли необходима длительная выстойка скважины в покое перед измерением температуры, что является неприемлемым для практики разработки нефтяных месторождений.

Представленная работа направлена на разработку нового метода определения естественной температуры проницаемых пород, нарушенных бурением. Идея заключается в математическом моделировании нарушения геотермического поля при бурении скважины и восстановлении распределения первоначальной естественной температуры Земли на основе решения обратной задачи.

Распределение температуры в скважине и пласте при бурении описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} \rho_m c_m S_d v_d \frac{\partial T_d(\mathbf{z}, t)}{\partial \mathbf{z}} + H_d(T_d(\mathbf{z}, t) - T_a(\mathbf{z}, t)) = -\rho_m c_m S_d \frac{\partial T_d(\mathbf{z}, t)}{\partial t} \\ \rho_m c_m S_a v_a \frac{\partial T_a(\mathbf{z}, t)}{\partial \mathbf{z}} + H_d(T_d(\mathbf{z}, t) - T_a(\mathbf{z}, t)) + H_a(T_f(r_b, \mathbf{z}, t) - T_a(\mathbf{z}, t)) = \rho_m c_m S_a \frac{\partial T_a(\mathbf{z}, t)}{\partial t} \\ \frac{\partial T_f}{\partial t} = \alpha \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T_f}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_b} \end{cases}$$

где  $T_d$  – температура бурового раствора внутри буровой трубы;  $T_a$  – температура бурового раствора в затрубном пространстве;  $T_f$  – температура пласта;  $\alpha$  – коэффициент температуропроводности пласта;  $H_d$  – коэффициент теплопередачи между потоком жидкости в буровой трубе и потоком в затрубном пространстве;  $H_a$  – коэффициент теплопередачи между потоком жидкости в затрубном пространстве и породой;  $\rho_m$  – плотность бурового раствора;  $c_m$  – теплоемкость бурового раствора;  $S_d, S_a$  – площадь поперечного сечения буровой трубы и затрубного пространства;  $ud, ua$  – скорость бурового раствора в буровой трубе и затрубном пространстве;

## ВИЗУАЛЬНОЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕФТЕДОБЫЧИ

■ АМИР БАКИРОВ  
(СОАВТОРЫ: ВИКТОР ГЕОРГИЕВ К.Т.Н., АЛЬБЕРТ ХАМИДУЛЛИН)

Одна из проблем современной науки в сфере информационных технологий является разработка имитационных моделей при проектировании промышленных информационных систем [1-3]. В тезисах представляется разработанная в ходе практических работ по учебному курсу "Объектно-ориентированный анализ и проектирование" учебно-демонстрационный вариант прикладной макетной 3D модели в нефтяной отрасли.

Макетная модель представляет собой визуальное представление работы нефтедобывающего комплекса, сам процесс нефтедобычи, объемное представление пласта в разрезе, ход производственного процесса по добыче нефти, что позволяет получать информацию по составным частям модели комплекса в динамике.

При проектировании программной реализации модели использовались передовые методы, инструментальные средства и технологии программной инженерии.

Программная разработка макетной модели состоит из двух частей:

- 1) Обучающая часть – наглядная визуализация процесса нефтедобычи.
- 2) Информационная часть – дающая возможность познакомиться с описанием процессов и частей модели.

Отдельная часть уделена визуальной составляющей.

В приложении присутствует 3D модель станка-качалки и анимирован процесс нефтедобычи в пласте земли.

Реализация системы выполнена на основе использования основных инструментальных средств визуального 3D движка Unity3d и языковых сред C#.

Модель может быть использована в учебном процессе подготовки квалифицированных специалистов, как в области нефтедобычи, так и в области подготовки специалистов компьютерной графики.

## ВЫСОКОТОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЧНОСТНЫХ И КОРРОЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДА МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

■ СТАНИСЛАВ ЕПИФАНОВ

В настоящее время при разработке нефтегазовых месторождений предъявляются жесткие требования к прочностным и усталостным характеристикам самой конструкции трубопроводов. Таким образом, возникает потребность высокоточной и эффективной диагностики прочностных и усталостных явлений в процессе изготовления и эксплуатации трубопровода. Одним из направлений решения этой задачи является применение высокоточного устройства для анализа прочностных характеристик элементов трубопровода методом голографической интерферометрии.

Сложность осуществления такого метода для крупногабаритных объектов заключается в высокоточном перемещении исследуемого объекта на величины, соизмеримые с длиной волны света (десятые доли и единицы угловых секунд). Задача решена при помощи высокоточного устройства с двойной обратной связью по положению. Автором было предложено использовать двойную обратную связь по положению.

На выходном валу высокоточного устройства располагается, исследуемый элемент трубопровода (труба). С помощью голографического интерферометра регистрируется голограмма объекта и после подачи управляющего сигнала выходной вал высокоточного устройства перемещается на фиксированный угол. После поворота вновь регистрируется голограмма объекта. В результате при восстановлении двух экспозиционной голограммы получается интерференционная картина, по которой можно определить изменения внутренней поверхности трубопровода в процессе эксплуатации. Аналогичные исследования проводятся за рубежом. Однако предлагаемый измерительный комплекс на порядок дешевле, чем зарубежные аналоги.

Таким образом, использование высокоточного устройства с двойной обратной связью по положению для анализа прочностных характеристик методом голографической интерферометрии, позволяет с высокой степенью достоверности определить критические точки усталостных напряжений и изменение в структуре элемента трубопровода. Что в конечном итоге, способствует избежать прогнозируемых дефектов при конструировании и эксплуатации трубопровода.

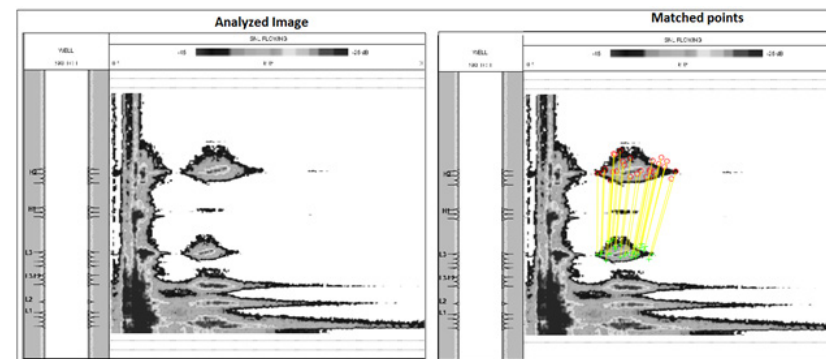
## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ФАКТОВ СТРУКТУРНОГО РЕДАКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

■ ИЛЬЯ КОРЧАГИН

Цифровые изображения (далее ЦИ) имеют огромное значение в современном обществе. С развитием современных вычислительных средств становится всё проще внести структурные изменения в ЦИ (так называемый фотомонтаж). Фальсифицированные ЦИ могут нанести существенный вред в различных сферах деятельности, например, в сфере страхования, в сфере электронного документооборота. Не редко фальсифицированные фотографии используются различными СМИ для искажения реальных фактов. Результаты фотомонтажа можно встретить и в научных публикациях, авторы которых искажают результаты экспериментальных исследований.

На сегодняшний день существует крайне мало эффективных сервисов и программных средств, обеспечивающих достоверное выявление фактов фотомонтажа ЦИ. Поэтому задача разработки и совершенствования подобных алгоритмов является актуальной.

В настоящей работе представлены несколько методов автоматического обнаружения фактов фотомонтажа ЦИ. Одним из основных является метод на основе выявления структурных изменений в мета-данных ЦИ в формате JPEG. Именно формат JPEG для ЦИ используется в большинстве цифровых камер. Сам факт структурного редактирования ЦИ может быть выявлен с помощью сравнения мета-данных ЦИ с мета-данными для конкретной модели цифрового фотоаппарата. Однако данный метод не позволяет локализовать измененные участки на изображении. Помимо мета-данных определенные искажения вносятся и на само ЦИ при каждом новом сохранении отредактированного изображения в формат JPEG. Эти искажения могут быть автоматически детектированы с помощью анализа функций распределения коэффициентов дискретного косинусного преобразования на отдельных фрагментах изображения. Также во время фотомонтажа нередко создаются дубликаты объектов на изображении. Для выявления данного типа структурных изменений был использован анализ SIFT или SURF дескрипторов. На рисунке в приложении представлен пример выявления дублированного объекта на спектральной панели. Видно, что несмотря на изменение масштаба, дублированные объекты хорошо идентифицируются.



## ПРИКЛАДНАЯ КОДОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ СХЕМ ПРОГРАММ

■ МАРГАРИТА МОРОЗОВА

(СОАВТОРЫ: ВИКТОР ГЕОРГИЕВ, К.Т.Н, МИХАЙЛОВА ИРИНА)

На данный момент в области создания ПО существуют уже устоявшиеся математические модели. Однако, являясь высокоабстрактными, данные модели часто не привязываются к практической деятельности и не используются. Одним из видов таких моделей являются схемы программ. Целью нашей работы является рассмотрение схем программ и их кодовая реализация на языке Python.

Данный набор схем является базовым и предлагается к использованию в теории схем программ:  
0. Nt=0. Финальная конструкция «STOP» (завершение диалога).

1. Nt=1. Схема выбора «к. —> к + 1» («следующий»). Переход к следующему элементу осуществляется после выполнения предыдущего заданное теми или иными параметрами количество раз.

2. Nt=2. Последовательная интерпретация элементов.

3. Nt=3. Схема типа «if - then - else».

4. Nt=4. Схема типа «case».

5. Nt=5. Схема типа «while - do».

6. Nt=6. Схема типа «repeat - until».

7. Nt=7. Схема типа «CALL». Внешний вызов, осуществляемый системой.

8. Nt=8 Начальная конструкция «START»

Нами была создана и описана кодовая реализация приведенных схем на языке Python. Результаты данной работы были оформлены в виде программы-справочника, которая позволяет:

- Получить описание каждой схемы;
- Увидеть каждый элемент в графическом представлении (блок-схема);
- Изучить исходный код примера каждой схемы;
- Запустить пример исполнения схемы.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕКТОРНОЙ АППАРАТУРЫ ИНК ДЛЯ ОЦЕНКИ УГЛА НАКЛОНА ТРЕЩИНЫ ГРП

■ МАРСЕЛЬ ХАМИЕВ

(СОАВТОРЫ: ВИКТОР КОСАРЕВ, ГАЛИНА ГОНЧАРОВА)

В данной работе речь пойдет об определении пространственного положения трещины ГРП, находящийся под некоторым углом к стволу скважины методом ИННК. Обычно, для качественного контроля операции ГРП методом ИННК производится 2 замера: до и после гидроразрыва с применением меченого проппанта. На повторной кривой, интервал разрыва будет отмечаться пониженными значениями зарегистрированных нейтронов, что связано с поглощающими свойствами меченого проппанта. Такие данные позволяют определить интервал разрыва, но не дают информации о иных параметрах трещины.

Была создана математическая модель сканирующей аппаратуры ИННК. В конструктивном аспекте, данный скважинный зонд отличается от классического блоком детектирования. Данный блок содержит 6 газоразрядных коллимированных детекторов, что делает возможным регистрацию нейтронов с определенных секторов породы (приложение Рис.1). Таким образом, данная аппаратура позволяет получать 6 независимых спадов нейтронов на каждом шаге квантования (по глубине).

Подобная сканирующая аппаратура ИНК может быть использована для определения угла наклона трещины и оценки ее пространственного положения. Была смоделирована следующая модель: в массиве известняка с пористостью  $K_p=15.6\%$  пробурена скважина диаметром 216 мм, обсаженная стальной колонной диаметром 146 мм и толщиной 9 мм Массив породы пересечен трещиной ГРП, заполненной проппантом меченым гадолинием (0.45% Gd<sup>203</sup>) [1], располагающийся под углом 45 град. к стволу скважины. Была смоделирована ситуация движения прибора вдоль ствола скважины с шагом квантования по глубине 0.1 м. Полученная развертка в виде синусоиды свидетельствует о наличии аномалии вида «наклонный пласт», типичной при обработке, например, данных скважинных имиджеров. Угол встречи пласта со скважиной, рассчитанный по полученным данным, оказался равным 42,5 градуса, что на 2,5% отличается от угла, заданного в модели.

Таким образом, можно сделать вывод, что аппаратура ИННК может быть успешно применена для определения пространственного положения трещины ГРП как в вертикальных, так и в горизонтальных скважинах.

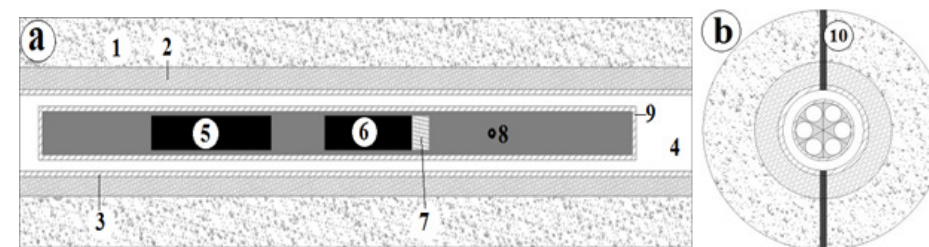


Рис.1 – Математическая модель аппаратуры ИНК в скважине с трещиной ГРП:

1-массив горной породы; 2-портландцемент; 3-обсадная колонна; 4 –пресная вода; 5-дальний зонд (ДЗ 60см); 6-ближний зонд (БЗ 30см); 7-фильтр нейтронов (напиролон+кадмий); 8-источник нейтронов 14.1 МэВ; 9-корпус прибора.



## КОДОВОЕ МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ПРОВЕРКИ БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ НА ПРОСТОТУ.

■ РОБЕРТ АХМЕТШИН

(СОАВТОРЫ: ВИКТОР ГЕОРГИЕВ К.Т.Н., АЗАТ ЗАЙНУТДИНОВ)

Программное кодовое моделирование математических систем решающих прикладные задачи является как никогда актуальной в настоящее время.

Одной из таких прикладных задач является задача проверки больших чисел на простоту. Проверка больших чисел на простоту тесно связана с задачей факторизации больших чисел, хотя различия, в какой-то мере, существенны. Актуальность решения этой задачи практически очевидна. Факторизация имеет огромное значение в криптографии. Предположение о том, что для больших чисел задача факторизации является вычислительно сложной лежит в основе широко используемых алгоритмов (например, RSA). Множество областей математики и информатики находят применение в решении этой задачи. Среди них: эллиптические кривые, алгебраическая теория чисел и квантовые вычисления. Переоценить значение решения такой задачи довольно трудно. Существующие алгоритмы проверки числа на простоту могут быть разделены на две категории: истинные тесты простоты и вероятностные тесты простоты. Истинные тесты результатом вычислений всегда выдают факт простоты либо составности числа, вероятностный тест дает ответ о составности числа либо его несоставности с некоторой вероятностью. Если сказать проще, то вероятностный алгоритм говорит, что число скорее всего не является составным, однако в итоге оно может оказаться как простым, так и составным.

Нас не будут интересовать вероятностные методы и даже какие-либо модификации истинных тестов. Как уже было сказано, мы пользуемся обычным перебором.

Задача перебора является вычислительно сложной и требует большого времени на выполнение. Именно поэтому мы принимаем решение о создании распределенной системы, которая имеет необходимый нам функционал.

Программная кодовая реализация формализованной модели построенный на принципах упомянутых выше заключается в реализации в среде языка программирования C# макета компьютерного сервера осуществляющих распределенность вычислений.

Работа сервера заключается в получении числа  $N$  от пользователя, разбиении отрезка  $[2, \sqrt{N}]$  на равные интервалы, которые он будет раздавать клиентским приложениям, и ждать запроса клиентской программы на получения задания. Как только такой запрос получен, сервер посылает клиенту число  $N$  и интервал чисел. Клиент делит число  $N$  на числа из интервала и по завершении присылает серверу результат. Запущенный клиент, в свою очередь, всегда готов для получения задания. Клиент может не запрашивать задания только в двух случаях: либо сервер недоступен, либо большая нагрузка на ЦП компьютера.

## СТЕГАНОГРАФИЯ В МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

■ ИГОРЬ САПОЖНИКОВ

С бурным развитием технологий и в свете последних событий, сокрытие факта самой передачи дополнительной информации (схемы, фотографии, текст и др.), а также защита авторских прав на изображения, приобретает все большую актуальность. Целью проекта являлось создание приложения для мобильных устройств, работающих под OS Android (использовалась библиотека QT).

Конечным результатом стала реализация программы работающей под управлением Android 2.3.3 (API 10). Тестирование производилось на смартфоне HTC с процессором Snapdragon 1.2.GHz (ARM eabi-v7a). Анализ выходных данных говорит об возможности использования данной реализации с целью скрытой передачи сообщения. Чтобы восстановить изображение, закодированное по методу LSB (принципиальная схема приведена в Приложении) с использованием ключа, необходимо использовать все три изображения-контейнера, полученных в результате зашифровки. При отсутствии двух контейнеров мы получим лишь одну из цветовых составляющих, что в свою очередь дает возможность использовать данный алгоритм для ЦВЗ.

Изложенный метод с приемлемым качеством справляется с задачей сокрытия бинарного изображения. Очевидный минус метода — искажение цветов секретного изображения в ходе зашифровки. Возможно увеличить количество шифруемых бит, но это скажется на качестве изображений-контейнеров.

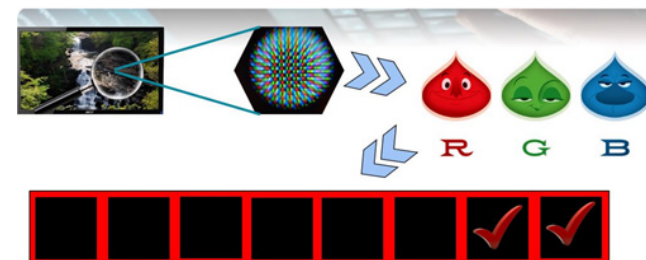


Рис. 1 Принцип LSB

Изъятие информации: при отсутствии одного из контейнеров и при отсутствии двух контейнеров (LSB) :



## ВЫДЕЛЕНИЕ УЧАСТКОВ С НАИЛУЧШИМИ КОЛЛЕКТОРСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КАРОТАЖА НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТА БВ – 8 САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

■ МАРГАРИТА ФАЗЛЫЕВА

Верное планирование разработки месторождений в настоящее время является первоочередной задачей нефтяных компаний. Планирование разработки в свою очередь, требует проведения в большем объеме и с высокой эффективностью геологоразведочных работ, в частности проведения каротажа для определения литологии и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) [1].

В работе рассматривается описание обработки каротажных диаграмм на примере пласта BV-8 одного из куполов Самотлорского месторождения. В качестве основной информации для интерпретации, использовались кривые ГИС 8 скважин, а также данные инклинометрии.

Каротаж имелся по следующим методам: ПС, КС, БКЗ (4 зонда разной глубинности и кровельный зонд), БК, Резистивиметрия, ИК, ГК, НКТ (для большого и малого зондов).

Целью нашего исследования является построение модели месторождения в пределах исследуемого купола, для последующих рекомендаций по разработке

Для выполнения поставленной цели на первых этапах проводилось обобщение имеющегося материала и выбор пригодных для обработки LAS файлов. Затем по имеющимся данным проводилось литологическое расчленение интервалов выбранных скважин, выделение интересующего нас пласта и рассчитаны ФЕС пласта БВ-8. Вышеописанные шаги выполнялись в программном пакете «Techlog» от Schlumberger.

На основе литологии, корреляции и вычисленных нами ФЕС были построены кубы кубов пористости, проницаемости, глинистости. Для построения моделей использовалась программа «Petrel». Были учтены имеющиеся данные о разработке месторождения, латеральные границы пласта коллектора, информация о притоке жидкости из добывающих скважин.

Полученный и обработанный материал позволил определить участки с наилучшими коллекторскими свойствами.

## РЕНТГЕНОВСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛНОРАЗМЕРНОГО КЕРНА

■ АРТУР ФАТТАХОВ

(СОАВТОРЫ: АЛЕКСАНДР СТАРОВОЙТОВ, АЙСЫЛУ НАФИКОВА)

Целью представленной работы являлось сравнение измеренных значений пористости, полученных методами ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) на одном и том же керновом материале. В качестве объекта исследования был выбран керн со скважины Университетская-1, пробуренной во дворе здания Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ. Диаметр извлеченного керна составил 92 мм, литологический состав: доломит, гипс, ангидрит.

Исследования методом ЯМР проводились мобильной установкой «ЯМР-Керн» сразу после извлечения керна из скважины [1]. В результате измерений были получены значения пористости в полномразмерном керне с шагом 1 см.

РКТ проводилась с помощью микро- и нанофокусной исследовательской рентгеновской системы для компьютерной томографии V|tome|X S 240. В результате были получены значения пористости в процентах относительно всего объема образца. Исследования проводились на тех же самых образцах полномразмерного керна, которые использовались для проведения измерений методом ЯМР.

В ходе сравнения полученных данных, была выявлена корреляция значений пористости, полученной методами ЯМР и РКТ. Однако, абсолютные значения имели существенное различие. Абсолютные значения пористости, полученные методом компьютерной томографии, оказались ниже по отношению к данным метода ЯМР. Причиной разности в показаниях является очень низкое разрешение изображений РКТ при диаметре керна 92 мм. Размер одного вокселя у рентгеновского изображения при таком диаметре составил примерно 100 микрон. Чтобы зарегистрировать на снимках поры меньшего размера, необходимо уменьшить диаметр исследуемых образцов [2].

При интерпретации данных ЯМР необходимо значение временной отсечки T2cutoff для того, чтобы разделить связанный и свободный флюид, то есть микропористость и макропористость. Значение T2cutoff является плавающим и зависит от многих факторов: литология, степень насыщения, вид пористости и т.д. В работе описан способ определения времени отсечки T2cutoff на основе интерпретации данных РКТ с кернового материала различного диаметра.

## АДАПТАЦИЯ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГКМ ПОМУР С УЧЕТОМ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ И СЛОИСТОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛАСТА

### ■ АБДУЛАЗИЗ ХАЛИЛОВ

Были решены следующие задачи на примере ГКМ Помур:

- построение геологической модели;
- ремасштабирование геологической модели;
- адаптация гидродинамической модели.

Целью работы является оценка характера влияния разломов, трещин, неоднородности и ряда других специфических особенностей пласта на фильтрационные процессы и основные показатели разработки месторождения.

Предполагается что процесс фильтрации в месторождении происходит по двум основным принципам, характерным для трещиновато-поровых коллекторов:

- двойная пористость с одинарной проницаемостью, в этом случае течение флюида происходит только по сети трещин;
- двойная пористость с двойной проницаемостью, в этом случае течение происходит по сети трещин и между соседними блоками модели.

Одним из методов достижения поставленной цели может быть геолого-гидродинамическое моделирование.

Газоконденсатное месторождение Помур является крупным и сложным объектом.

Гидрогеологическая структура месторождения характеризуется: фильтрационной неоднородностью продуктивной толщи; тектоническими нарушениями; низкой скоростью движения пластовых вод; слабой гидродинамической связью залежи с краевой водой.

Построенная модель позволяет оценить ее поведение при изменении исходных данных, создавать несколько альтернативных вариантов, адаптированных в соответствии с историей разработки, и уменьшать риски окупаемости при планировании стратегии разработки месторождения в условиях высокой неопределенности исходной информации.

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

### ■ РЕНАТ ХАКИМУЛЛИН

В последнее время все большую популярность набирают системы захвата движения человека, основанные на микроэлектромеханических (МЭМС) гироскопах, акселерометрах и магнетометрах.

В отличие от других систем захвата движения, основанных, например, на камерах и световых маркерах, система на инерциальных датчиках имеет ряд преимуществ: низкая стоимость, малые габариты и вес, высокая энергоэффективность. Однако, инерциальные МЭМС датчики обладают более низкой точностью и требуют применение дополнительных фильтров.

В данной работе построен комплекс захвата движения человека на базе МЭМС датчиков ускорения, угловой скорости и магнетометра. Исследованы статистические параметры сигналов датчиков. Для повышения точности определения углов реализовано комплексирование данных гироскопа, акселерометра и цифрового компаса с помощью адаптивного фильтра Калмана. Для уменьшения вычислительной сложности и избавления от эффекта «шарнирного замка» использована алгебра кватернионов.

Построен тестовый модуль захвата движения человека на акселерометре ADXL345, гироскопе L3G4200D и цифровом компасе HMC5883L с использованием микроконтроллера PIC18. Датчики подключены к микроконтроллеру по интерфейсу I2C. Полученные данные микроконтроллер передает на ПК посредством интерфейса USB. На ПК в программном пакете MATLAB-Simulink реализован сбор и визуализация полученных данных.

Благодаря применению фильтра Калмана удалось значительно повысить точность определения углов, уменьшить дрейф нуля более чем в 100 раз по сравнению с данными гироскопа. Более чем в 5 раз уменьшена дисперсия шума определения углов по сравнению с данными акселерометра (см. Рис. 1 в приложении).

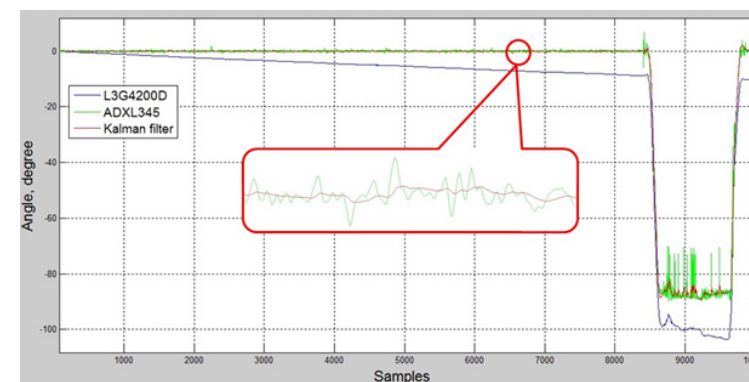


Рисунок 1. Значение угла поворота, полученное с гироскопа, акселерометра и после фильтра Калмана



## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

■ ЛИЛИЯ СПИРИНА

В последние годы задача распознавания образов становится все более актуальной. Она занимает одно из центральных мест в разных областях в связи со стремлением и необходимостью возложить функции человека на автоматические устройства при выполнении однообразных, утомительных и сложных работ. Примерами сфер применения распознавания могут служить системы распознавания текста, распознавание речи, медицинская диагностика, системы безопасности, интерпретация данных ГИС.

В данной работе представлен программный комплекс распознавания источников сигналов различной природы. Основным этапом в задаче распознавания является поиск признаков, которые наилучшим образом характеризуют различные источники. Например, в задачах распознавания дикторов по голосу часто используются коэффициенты авторегрессии. Нами были рассмотрены такие источники звука, как течение жидкости с различным составом по пласту-коллектору в скважине и записи голоса различных дикторов, а также анализировались данные электрокардиограмм (ЭКГ). Проведенные в ходе работы исследования показали, что коэффициенты отражения (найденные по алгоритму Левинсона) являются наиболее информативными признаками для распознавания источников звука.

На первом этапе была собрана и классифицирована база данных. Затем часть базы данных (80%) была использована для обучения нейронной сети. В качестве распознавателя использовалась нейронная сеть прямого распространения, обучение с учителем проводилось по методу обратного распространения ошибки с минимизацией функционала ошибки методом Левинберга-Маргварта. Оставшиеся 20% базы данных использовались для тестирования полученной модели.

В результате работы был создан программный комплекс для выявления газонасыщенных интервалов (с точностью до 95%) по измерениям, выполненным скважинным шумомером. На рисунке в приложении показан пример работы метода в одной из добывающих скважин тестовой выборки. Предложенный подход также показал свою эффективность при распознавании дикторов по голосу (точность - 80%) и выявлении курящих людей по данным ЭКГ.

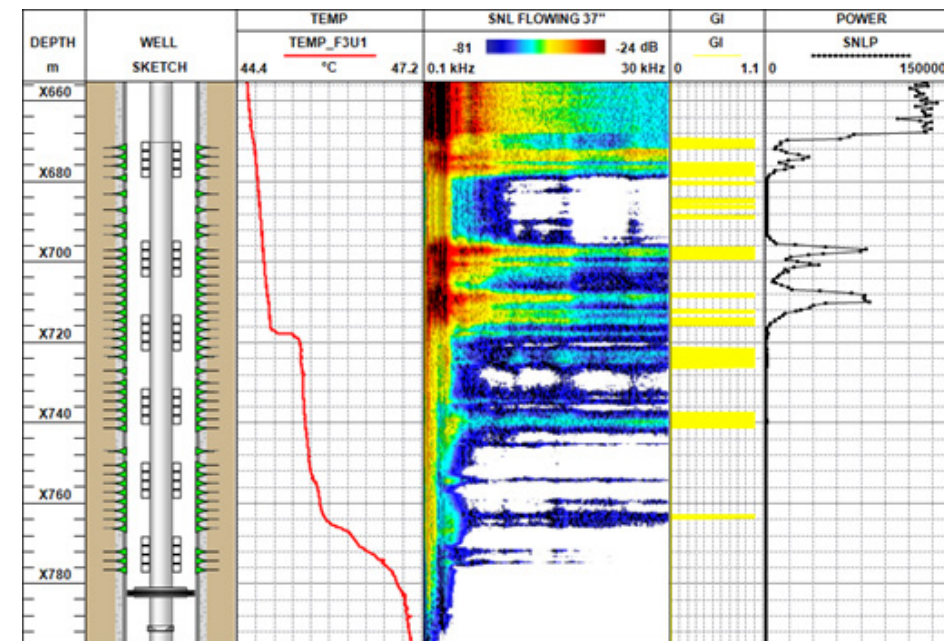


Рисунок 1. Пример работы программного комплекса на добывающей скважине тестовой выборки

## ВОПРОСЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ В КОЛЛЕКТОРАХ НЕФТИ И ГАЗА

■ РУСЛАН ГАЙФУТДИНОВ

При фильтрации флюида через пористую среду возникают шумы, так называемые, шумы фильтрации. Каждому коллектору нефти и газа - пористой среде с набором физических параметров соответствует свой амплитудно-частотный спектр. Целью работы является исследование амплитудно-частотный спектров шумов, возникающих при фильтрации флюида и установление зависимости характера получаемой спектральной картины от геолого-минералогических и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов нефти и газа. Лабораторный стенд представляет собой камеру высокого давления, кернодержатель, для установки образцов кернов-коллекторов нефти и газа, камера низкого давления. Через керн осуществляется фильтрация флюида. Фильтрационные шумы регистрируются контактным гидрофоном.

Выборка образцов представляла из себя набор терригенных и карбонатных выпиленных образцов кернов диаметром 25,30 мм коллекторов нефти с месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Терригенные и карбонатные группы образцов также включали в себя подгруппы высоко и мало проницаемых образцов, а также трещинных и отдельно для карбонатных – пористо-кавернозных. Для каждого образца были выполнены следующие виды исследования: регистрация спектрально акустической картины фильтрационных шумов от двух типов флюидов: газ ( $N_2$ ) и дистиллированная вода, определение коэффициентов открытой пористости, абсолютной проницаемости, гранулометрический анализ, оптическая микроскопия, рентгеновская компьютерная микрофотография. На основании проведенных исследований и экспериментально полученных данных проведен анализ зависимости спектра фильтрационных шумов и изменения мощности шума от геолого-минералогических свойств: тип коллектора, размер зерен, карбонатность, а также фильтрационно-емкостных свойств: коэффициенты открытой пористости и абсолютной проницаемости.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ PVT СВОЙСТВ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ. ПРИЛОЖЕНИЕ PVT МОДЕЛИ

■ КАРИНА ГИМРАНОВА

PVT-свойства является акронимом: Pressure (давление), Volume (объем), Temperature (температура), являющихся свойствами веществ, в частности пластовых флюидов. Для их определения проводят термодинамические исследования. Далее на результаты лабораторных исследований накладывают математическую модель – тем самым получают точную PVT модель месторождения. Математическая модель строится либо при помощи корреляций либо при помощи решения уравнения состояния.

Таким образом в моей работе было реализовано:

1. Построение PVT корреляций для нефти, воды и газа. Нелинейный двумерный фитинг корреляций на лабораторный данные. Двумерная интерполяция лабораторных данных.
2. Решение уравнения состояния Пенгса Робинсона – проверка на стабильность смеси.
3. SCAL - построение модели относительных фазовых проницаемостей.
4. Приложение PVT и SCAL моделирования –
  - А) построение функции псевдодавления и псевдовремени для линеаризации уравнения пьезопроводности.
  - Б) Метод Перрина для приближенного аналитического решения уравнения Пьезопроводности для мультифазного потока.
  - В) Перерасчет давления и свойств флюида на глубину при помощи корреляций.

## ВЛИНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ГОРИЗОНТАЛЬНО СТВОЛА СКВАЖИНЫ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ФЛЮИДОВ

■ АЮПОВ АМИР  
(СОАВТОР: ГИЛЬМУТДИНОВ С.Р.)

Сегодня встает вопрос о сложности интерпретации данных при контроле за разработкой в горизонтальной скважине. Актуальность данной работы заключается в том, что основное затруднение возникающее при проведении геофизических работ и интерпретации данных каротажа связано с отсутствием однозначного представления о структуре многофазного потока в условиях реальной траектории ствола скважины, когда угол наклона меняется в пределах нескольких градусов относительно горизонтали. В данной работе мы представляем результаты опыта проведенного на стенде горизонтального ствола скважины сконструированного в целях визуализации и изучения многообразия процессов, происходящих в горизонтальных скважинах.

Цели работы:

- Изучение структуры потока в горизонтальном стволе скважины.
- Выявление причин образования застойных зон.
- Определение влияния траектории скважины на течение и расслоения потока в стволе горизонтальной скважин.

Для проведения опытов был спроектирован и сконструирован стенд горизонтального участка скважины с интервалом перфорации (Рисунок 1). Стенд представляет собой прозрачную поликарбонатную трубу внешним диаметром 80 мм, внутренним диаметром 76 мм. Длина горизонтального участка 2 метра. Длина интервала перфораций 20 см, количество перфорационных отверстий – 10 штук, диаметром 12 мм.

Опыт: наблюдение особенностей многофазных неизотермических потоков. В скважину, заполненную жидкостью, внедрялся флюид с изменённой температурой. Рассматривались случаи поступления в ствол скважины холодного и горячего потоков. В обоих случаях разница температур между жидкостью в стволе и внедряемым флюидом составила 10°C.

В результате было установлено, что непосредственно напротив интервала перфорации и на некотором удалении от него происходит смешивание фаз с образованием турбулентного потока, который в последствии переходит в ламинарный. При этом переходе фиксируется эффект термогравитационного расслоения флюида (Рисунок 2). Так же нами было установлено, что при изменении диаметра скважины в первую очередь идет течение флюида, находящегося в скважине, а затем резкий прорыв внедряемого флюида с образованием застойной зоны.

Планируемые опыты с использованием стенда:

- Определение условий дифференциации эмульсии на отдельные фазы: вода-нефть, газ-нефть-вода.
- Определение наиболее приемлемого положения геофизических приборов в пространстве скважины и их влияния на гидродинамические условия движения флюида.



Рисунок 1 - Стенд горизонтального участка скважины.



Рисунок 2 - Эффект термогравитационного расслоения флюида:  
а – внедрение горячего флюида; б – внедрение холодного флюида.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ТГТ,  
УЛ. МАГИСТРАЛЬНАЯ 59;  
КАЗАНЬ, РОССИЯ.



КАЗАНЬ ЯВЛЯЕТСЯ СТОЛИЦЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН, ОДНИМ ИЗ САМЫХ БОЛЬШИХ И КРАСИВЫХ ГОРОДОВ РОССИИ, И ВХОДИТ В СПИСОК ГОРОДОВ ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ ЮНЕСКО



Студенческая конференция по математическому моделированию и информационным технологиям СМИТ 2016 будет проводиться на базе Технологического Центра компании TGT Oilfield Services.



Международная нефтесервисная компания TGT была основана в 1998 году в Казани и на настоящий момент имеет свои представительства по всему миру с головным офисом в Дубае, ОАЭ. Но самым крупным подразделением и основным источником инновационных идей по-прежнему остается офис в Казани. Здесь же создан Технологический Центр, который отвечает за разработку и развитие уникальных технологий и оборудования для нефтегазовой отрасли.

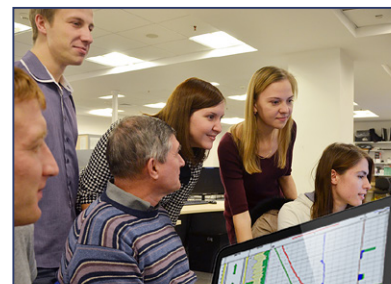
Здание Технологического Центра создано в стиле хай-тек и отвечает всем современным требованиям к бизнес-офисам. Здесь так же можно ознакомиться с уникальным оборудованием, которое производится в стенах собственного механического цеха и заглянуть в сердце производства, стандарты которого соответствуют международным требованиям.

Новые технологии компании TGT разрабатываются в этом же здании. Здесь создан Научно-исследовательский отдел, в котором работают лучшие программисты и конструкторы. Дополнительно в здании располагаются современный залы для проведения конференций, дата-центр, позволяющий удаленно осуществлять расчеты и хранить ценную информацию, офисы департаментов компании, библиотека.



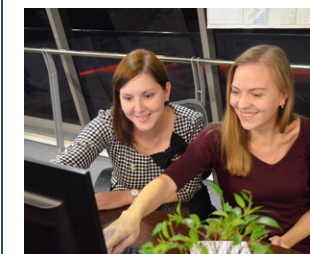
Компания TGT OILFIELD SERVICES является международным поставщиком качественно новых услуг в области промышленно-геофизических исследований скважин, мониторинга месторождений углеводородов, а также по геолого-гидродинамическому моделированию

17  
ЛЕТ  
НА ПРОТЯЖЕНИИ



Компания предлагает услуги по качественной и количественной оценке профилей притока/приемистости по интервалам коллекторов, исследованию технического состояния скважин любого типа через несколько колонн с использованием компактных геофизических приборов.

С ПОМОЩЬЮ УНИКАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПАНИЯ TGT ИНТЕГРИРУЕТ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ПРЕДЛАГАЯ СВОИМ КЛИЕНТАМ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ





**PRIME**  
COLLEGE

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ

«Прайм колледж» предлагает широкий спектр курсов, направленных на освоение новых и совершенствование существующих навыков.

Курсы дают уникальную возможность ознакомиться с инновационными технологиями в области анализа данных, геофизических исследований скважин и геолого-гидродинамического моделирования, а также совершенствовать навыки владения английским языком и специальной терминологией, коммуникационные и презентационные навыки.



**32** ОБУЧАЮЩИЕ  
ПРОГРАММЫ

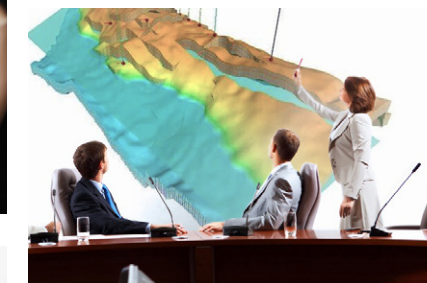
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В  
ОБЛАСТИ НЕФТИ И ГАЗА  
ПО ВСЕМУ МИРУ



**sofoil**  
КОМПАНИЯ «СОФОЙЛ»

ООО «СОФОЙЛ» БЫЛО УЧРЕЖДЕНО В  
2012 ГОДУ.

Однако, несмотря на то, что компания является достаточно молодой, руководители групп работают вместе уже более десяти лет, предлагая широкий спектр услуг различным нефтедобывающим организациям. В компании есть группа экспертов, чей опыт работы составляет более 30 лет. Ученые и научные консультанты, которые также являются членами команды, постоянно занимаются разработкой новых технологий и технических решений.



КОМПАНИЯ «СОФОЙЛ» ПРЕДЛАГАЕТ  
РАЗЛИЧНЫЕ УСЛУГИ ПО АНАЛИЗУ,  
ОПТИМИЗАЦИИ И ПРОЕКТИРОВА-  
НИЮ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕФТИ И ГАЗА.

Компания успешно сотрудничает с  
нефтегазовыми компаниями Ближ-  
него Востока, США, Малайзии и  
России.



## ТЕХНОПАРК В СФЕРЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ «ИТ-ПАРК»

В октябре 2009 г в Республике Татарстан завершилось строительство технопарка в сфере высоких технологий «ИТ-парк». «ИТ-парк» стал первым в Российской Федерации технопарком, предоставляющим возможности для развития компаний в сфере информационных технологий. Комплекс «ИТ-парк» построен в рамках государственной программы «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий», реализуемой Министерством связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Здание «ИТ-парка» спроектировано по принципу интеллектуального здания с современной технической инфраструктурой и представляет собой уникальную бизнес-платформу для развития информационных и коммуникационных технологий в Республике Татарстан.



РОССИЙСКИЙ  
ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ



ФОНД СОЗДАН УКАЗОМ ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ NO 426  
ОТ 27 АПРЕЛЯ 1992 ГОДА ПО ИНИ-  
ЦИАТИВЕ КРУПНЕЙШИХ УЧЕНЫХ  
СТРАНЫ.

Фонд является самоуправляемой государственной некоммерческой организацией в форме федерального учреждения, находящегося в ведении Правительства Российской Федерации, основной целью которой является поддержка научно-исследовательских работ по всем направлениям фундаментальной науки на конкурсной основе, и которая призвана построить новые отношения между учеными и государством.



**Society of Petroleum Engineers**



В Институте геологии и нефтегазовых технологий К(П)ФУ существует всемирная организация общества инженеров-нефтяников Society of Petroleum Engineers.

Целью является сбор и распространение технической информации, что дает возможность повышения уровня знаний профессионалам и будущим специалистам.

Миссией чаптера КФУ является продвижение и популяризация науки среди студентов, установление тесных контактов с работодателями как российских, так и зарубежных компаний на площадках конференций, саммитов, воркшопов и различных презентаций.



















